

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-179172

(43)Date of publication of application : 24.06.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2002-314237

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 29.10.2002

(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

(30)Priority

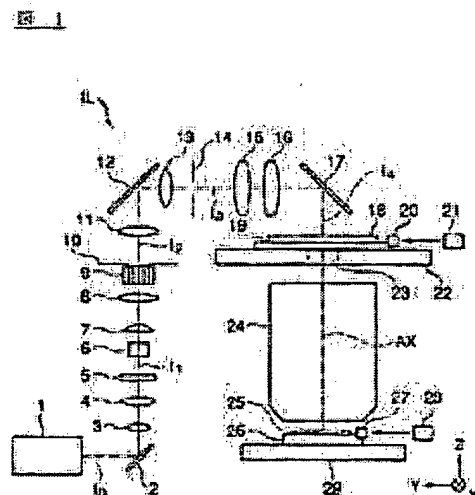
Priority number : 2002186072    Priority date : 26.06.2002    Priority country : JP  
 2002285866                      30.09.2002                      JP

## (54) ALIGNER, EXPOSURE METHOD, AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an aligner which is capable of transferring a fine pattern with high accuracy.

SOLUTION: An illuminating optical system IL comprises a light source 1 and a polarization control element 5, and a reticle 18 where a pattern containing a main line pattern extending in an X direction is formed is irradiated through the illuminating optical system IL with a slit illuminating light I4 which has light as a main component that is linearly polarized in the direction in parallel with the X direction and has a longer direction coincident with the X direction. The reticle 18 held on a reticle stage 19 and a wafer 25 held on a wafer stage 26 are moved by the stages 19 and 26 respectively in a Y direction, and the projection image of the pattern on the reticle 18 by a projection optical system 24 is successively transferred on the wafer 25.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

In a scanning exposure device which transfers on a substrate an image of a pattern formed in a mask,  
A stage device which moves said mask and said substrate relatively in accordance with the 1st direction,  
An illumination-light study system which illuminates said mask,

While having a projection optical system which projects a pattern of said mask on said substrate,

An exposure device, wherein said illumination-light study system illuminates said mask so that linear polarization of a polarization direction parallel to the 2nd direction that intersects perpendicularly a polarization condition of illumination light irradiated on said substrate via said projection optical system in said 1st direction may be used as the main ingredients.

[Claim 2]

The exposure device according to claim 1 with which illumination light irradiated on said substrate is characterized by the polarization degree being not less than 80%.

[Claim 3]

The exposure device according to claim 1 or 2, wherein said illumination-light study system has a shaping device which operates orthopedically sectional shape of illumination light irradiated by said substrate to slit shape which has a longitudinal direction in said 2nd direction.

[Claim 4]

The exposure device according to any one of claims 1 to 3, wherein said stage device holds said mask so that a longitudinal direction and said 2nd direction of a line pattern may become parallel substantially among patterns formed in said mask.

[Claim 5]

The exposure device according to any one of claims 1 to 4, wherein said illumination-light study system has an adjusting device which adjusts light from a light source to illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction as the main ingredients.

[Claim 6]

Said illumination-light study system illumination light irradiated by said substrate via said projection optical system, The exposure device according to any one of claims 1 to 5 having a switching machine style which changes selectively whether it is considered as whether it is considered as illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction as the main ingredients, available light, circular light, or elliptically polarized light.

[Claim 7]

In an exposure device which transfers on a substrate an image of a pattern formed in a mask via a projection optical system under illumination light,

A shaping device which operates an exposure view of said projection optical system on said substrate orthopedically in form which has a longitudinal direction,

An exposure device having an adjusting device which adjusts at least one side of a polarization direction of said illumination light, and said shaping device, and makes parallel mutually a longitudinal direction of an exposure view on said substrate, and a polarization direction of said illumination light.

[Claim 8]

It has an illumination-light study system which illuminates said mask by said illumination light,

The exposure device according to claim 7, wherein said shaping device is formed in said illumination-light study system.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the exposure device, exposure method, and device manufacturing method which are used when manufacturing Integrated Circuit Sub-Division, a liquid crystal display element, a thin film magnetic head, other micro devices, or a photo mask using photolithography technique.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Formation of the minute pattern of electron devices, such as Integrated Circuit Sub-Division and a liquid crystal display, is faced. The method of carrying out reduction exposure transfer of the pattern of a reticle (it is also called a mask) which carried out proportionality expansion of the pattern which should be formed at about 4 to 5 times, and drew on exposed substrates, such as a wafer, using a projection aligner is used.

[0003]

The projection aligner used for transfer has shifted the exposure wavelength to the short wavelength side more, in order to correspond to the miniaturization of Integrated Circuit Sub-Division. Now, no less than 193 nm of the ArF excimer laser of short wavelength of the wavelength is going into a utilization stage more, although 248 nm of a KrF excimer laser is in use. And the proposal of the projection aligner which uses the light source of the wavelength range further called what is called vacuum ultraviolet areas, such as F<sub>2</sub> laser with a wavelength of 157 nm of the wavelength of short wavelength and Ar<sub>2</sub> laser with a wavelength of 126 nm, is also performed.

[0004]

Not only by short wavelength formation but by Taikai talkative(NA)-ization of the optical system, since high-resolution-izing is possible, much more large NA-ized development of the optical system is also made. The aberration of a projection optical system needs to be decreased for realization of high resolution. Therefore, in the manufacturing process of the projection optical system, the wavefront aberration Measurement Division using interference of light is performed, the amount of residual aberrations is measured in about 1/1000 accuracy of an exposure wavelength, and the projection optical system is adjusted based on the measurement value.

[0005]

The optical system with a smaller view of such formation of large NA and low-aberration-izing is easier to realize. However, as an exposure device, throughput (throughput) improves, so that a view (exposure field) is large. Then, as for the scanned type exposure device which carries out the relatively scan of a mask and the wafer during exposure with the image formation relation maintained, these days is in use in order to obtain a big exposure field substantially moreover using the projection optical system of large NA, although it is a small view.

[0006]

It has a rectangle type right image range (exposure view) long the projection optical system used for a scanned type exposure device to one way generally and brief in the direction which intersects perpendicularly with it. Although a catoptric system may be used for such an optical system, it is common to use a dioptric system. In this case, as for the exposure view of the above-mentioned rectangle, it is common to consider it as the rectangle inscribed in that circle from the round shape which is the original right image range of the dioptric system which consists of combination of a circular lens including the diameter which passes along the center of that circle. This is because the length of the long side of a view is made as for such a rectangle view to the maximum and it is the most efficient.

[0007]

However, since the right image range of a projection optical system does not necessarily become circular when adopting a catadioptric system as a projection optical system, an exposure view may always serve as a rectangle containing a diameter of circle, either, and it may become a rectangle centering on the position which carried out eccentricity from the center of a circle.

[0008]

This long side direction and direction which performs a relatively scan (scan) aims to cross at right angles. Therefore, since the view of the projection optical system of a rectangle short side direction is expanded by this relatively scan, the straitness of the view of a short side direction does not pose a problem.

[0009]

[Problem to be solved by the invention]

As mentioned above, since the exposure area exposed with a scanned type exposure device is obtained by the view of a projection optical system about one way and the image formation performance of a projection optical system also changes according to the position, the transfer property of a pattern also changes.

[0010]

It is the direction expanded by the relatively scan (scan) of a reticle and a wafer on the other hand about the direction which

intersects perpendicularly with it, and the image formation performance of a projection optical system is uniform about the direction.  
[0011]

By the way, generally in an optical system, the aberration which degrades the imaging characteristic remains. In the projection optical system for projection aligners, although a residual aberration is very small compared with the optical system of other uses, it is not avoided that a certain amount of aberration remains.  
[0012]

Although the Boca \*\*\*\*\* (concentric circle direction component) is in the Boca \*\*\*\*\* (radial direction ingredient) and the direction of a concentric circle centering on a projection optical system optic axis about a transfer image in a radial direction from a projection optical system optic axis to the circumference at these residual aberrations, generally the radial direction ingredient is larger.  
[0013]

Aberration of a radial direction ingredient is a coma aberration and a chromatic aberration of magnification. The amendment is difficult also for a design top also from a point of a manufacture error, and a coma aberration is difficult to lose this thoroughly. In amendment of the chromatic aberration of magnification, an expensive lens material for secondary spectrum amendment of a lens is required for a large quantity, and a lens price will rise extremely by the perfect amendment. Although it is also possible to reduce influence of a chromatic aberration by on the other hand narrowing a wavelength interval of laser (excimer laser etc.) which is light sources (narrow-band-izing), the output will decline by narrow band-ization of laser, therefore exposing light illumination on a wafer surface will fall. Therefore, throughput (throughput) of an exposure device will decline — there is the necessity of lengthening Lighting Sub-Division time — and the productivity will fall. Since there is a life also in an optical element required for formation of a laser narrow band, the periodical exchange will be needed and a running cost of laser will go up.  
[0014]

While enabling high precision transfer about an important pattern among patterns which this invention is made to such SUBJECT and should be transferred on a substrate, Even if it uses an optical system in which aberration of concentric circle direction components, such as the chromatic aberration of magnification and some coma aberrations, remains, equivalent to the former or it aims at realization of an exposure device which enables transfer of a more detailed pattern than it, an exposure method, and a device manufacturing method.  
[0015]

[Means for solving problem]

Although this invention is matched with a reference mark shown in Drawings showing an embodiment and explanation shown in this clause explains it hereafter, each constituent features of this invention is not limited to what is shown in Drawings which attached these reference marks.  
[0016]

In a scanning exposure device which transfers an image of a pattern formed in a mask (18) on a substrate (25) according to the 1st viewpoint of this invention in order to solve SUBJECT mentioned above, A stage device (19, 26) which moves said mask and said substrate relatively in accordance with the 1st direction (the direction of Y), Have an illumination-light study system (IL) which illuminates said mask, and a projection optical system (24) which projects a pattern of said mask on said substrate, and and said illumination-light study system, An exposure device which has a function which illuminates said mask is provided so that linear polarization of a polarization direction parallel to the 2nd direction that intersects perpendicularly a polarization condition of illumination light irradiated on said substrate via said projection optical system in said 1st direction may be used as the main ingredients. Here, "let linear polarization be the main ingredients" says partially polarized light including the completely polarized light to which the illumination light concerned uses only the linear polarization concerned as an ingredient, available light, or other polarization. As a polarization degree in case the illumination light concerned is partially polarized light, it is desirable to consider it as not less than 80%. A "polarization degree" means a rate of energy of the linear polarization concerned occupied to total energy of the partially polarized light concerned. A "polarization direction" means the direction of an electric field vector of light.  
[0017]

As a polarization condition which uses as the main ingredients linear polarization of the polarization direction where the polarization condition of the illumination light (exposing light) irradiated by the substrate is parallel to the 2nd direction that intersects perpendicularly in the 1st direction of as a move direction when the pattern of a mask is transferred by the substrate according to this invention, Since it was made to carry out exposure transfer of the pattern of a mask to a substrate, contrast of the projection image about the line pattern prolonged in the direction which meets in the 2nd direction concerned among the patterns formed in the mask can be made high, and high precision transfer of a detailed pattern is attained.  
[0018]

In this invention, said illumination-light study system (IL) can have a shaping device (14) which operates orthopedically the sectional shape of the illumination light irradiated on said substrate to the slit shape (rectangular form, the shape of a strip of paper) which has a longitudinal direction in said 2nd direction. Thereby, the adverse effect by the residual aberration of a projection optical system can be eased, and high precision transfer is still attained. Said mask and said substrate are those which has an image formation relation (that is, the pattern of a mask is projected), and making sectional shape of the illumination light into slit shape on said substrate can realize sectional shape of the illumination light (14) with which said mask (18) is irradiated by considering it as slit shape.  
[0019]

In these cases, said stage device (19, 26), So that the longitudinal direction and said 2nd direction (the direction of X) of a line pattern (32-34) may become parallel substantially among the patterns formed in said mask (18), When said mask can be held and said line patterns tend (for example, direction which intersects perpendicularly mutually) to differ [ kinds / two or more ] mutually, It is desirable to hold said mask so that the longitudinal direction and said 2nd direction of the main line patterns which should perform especially high precision transfer among the line patterns concerned may become parallel substantially. Since exposure precision about the line pattern prolonged in the direction which meets in the 2nd direction can be made high as mentioned above, exposure precision of the main line patterns concerned can be made high by setting up main line patterns positively meet in this 2nd direction.  
[0020]

In this invention, said illumination-light study system (IL) the light ( $I_0$ ) supplied from the light source (1) via said projection optical system (24). It can have an adjusting device (5) for illuminating the linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction (the direction of X) on said substrate (25) as illumination light used as the main ingredients. When the light source (1) which supplies light to an illumination-light study system (IL) ejects the light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to a specific direction as the main ingredients, As said adjusting device (5), the polarization direction of the linear polarization of the illumination light irradiated by said substrate (25) concerned uses the polarization rotation equipment (for example,  $1/2$  wavelength plate) which rotates the plane of polarization so that it may meet in said 2nd direction. However, optical system physical relationship with this illumination-light study system (IL) is suitably set to this light source (1), and it may be made to irradiate this substrate with the illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction as the main ingredients via this projection optical system, without using such an adjusting device (5). When the light source (1) which supplies light to an illumination-light study system (IL) ejects available light and other polarization (circular light, elliptically polarized light), As said adjusting device (5), the linear polarization equipment (for example, a linear polarization child,  $1/4$  wavelength plate) which adjusts the light from this light source to the illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction as the main ingredients is used.

[0021]

In this invention, said illumination-light study system (IL), It can have a switching machine style which changes selectively whether it is considered as whether illumination light irradiated by said substrate (25) via said projection optical system (24) is made into illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to said 2nd direction as the main ingredients, available light, circular light, or elliptically polarized light. Thereby, proper illumination light can be chosen according to the contents of the pattern which carries out exposure transfer.

[0022]

In order to solve SUBJECT mentioned above, according to the 2nd viewpoint of this invention, under illumination light ( $I_4$ ), In an exposure device which transfers an image of a pattern formed in a mask (18) on a substrate (25) via a projection optical system (24), A shaping device (14) which operates an exposure view of said projection optical system (24) orthopedically in form which has a longitudinal direction, At least a polarization direction of said illumination light ( $I_4$ ) and one side with said shaping device (14) are adjusted, and an exposure device provided with an adjusting device (5) which makes parallel mutually a longitudinal direction of an exposure view of said projection optical system on said substrate and a polarization direction of said illumination light irradiated by said substrate is provided.

[0023]

An exposure device of this invention is provided with an illumination-light study system (IL) which illuminates said mask with said Lighting Sub-Division ( $I_4$ ) light, and said shaping device (14) can be formed in said illumination-light study system (IL).

[0024]

In this invention, said adjusting device (5) can be adjusted to illumination light which uses linear polarization of a polarization direction parallel to a longitudinal direction of said exposure view of said projection optical system as the main ingredients on said substrate for light from a light source.

[0025]

An exposure device of this invention has a stage device (19, 26) which moves said mask (18) and said substrate (25) relatively in accordance with the 1st direction (the direction of Y), and the longitudinal direction of said exposure view can aim (the direction of X) to intersect perpendicularly in said 1st direction.

[0026]

According to the 3rd viewpoint of this invention, in an exposure device concerning the 1st or 2nd viewpoint of this invention said illumination-light study system, It has two or more optical elements formed with a fluoride crystal, and an exposure device, wherein said two or more optical elements differ in a kind of crystal axis of some optical elements and a kind of crystal axis of other optical elements about an optical axis direction of said illumination-light study system is provided.

[0027]

In this case, to a crystal axis which intersects perpendicularly with an optical axis direction of said illumination-light study system in said some of optical elements, a crystal axis which intersects perpendicularly with an optical axis direction of said illumination-light study system in an optical element besides the above rotates mutually by making an optic axis of said illumination-light study system into a medial axis, and can arrange.

[0028]

"The kind of crystal axis of some optical elements differs from the kind of crystal axis of other optical elements", the case where the crystal axes of the illumination-light study system optical axis direction of some optical elements concerned are for example, [111] crystal axes — being concerned — others — it says that the crystal axes of the illumination-light study system optical axis direction of some optical elements are crystal axes (for example, [100] crystal axes) other than [111] crystal axes.

[0029]

By arranging two or more optical elements by a predetermined relation as mentioned above, the birefringence which this optical element has can be amended thru/or offset, and the adverse effect to the polarization direction and polarization condition of the illumination light by the birefringence concerned can be made small.

[0030]

Moving relatively the mask (18) and substrate (25) with which the pattern was formed in accordance with the 1st direction (the direction of Y) according to the 4th viewpoint of this invention, in order to solve SUBJECT mentioned above. While the illumination light irradiated on said substrate is slit shape illumination light which has a longitudinal direction in the 2nd direction that intersects perpendicularly in said 1st direction in the exposure method which transfers the pattern of this mask on this substrate via a projection optical system, An exposure method is provided having made it be the illumination light which uses linear polarization parallel to said 2nd direction as the main ingredients. In this case, it is desirable to set up so that the longitudinal direction and said 2nd direction of a line pattern may become parallel substantially among said patterns formed in said mask.

[0031]

Here, "the illumination light which uses linear polarization as the main ingredients" says partially polarized light including the completely polarized light to which the illumination light concerned uses only the linear polarization concerned as an ingredient, available light, or other polarization. As a polarization degree in case the illumination light concerned is partially polarized light, it is desirable to consider it as not less than 80%. A "polarization degree" means the rate of the energy of the linear polarization concerned occupied to the total energy of the partially polarized light concerned. A "polarization direction" means the direction of the electric field vector of light.

[0032]

Since it was made to expose using the slit shape illumination light which uses as the main ingredients linear polarization of a polarization direction parallel to the 2nd direction that intersects perpendicularly in the 1st direction of as a move direction, and has a longitudinal direction in this 2nd direction according to this invention, While being able to make high contrast of the projection image about the line pattern prolonged in the direction which meets in the 2nd direction concerned among the patterns formed in the mask, The adverse effect by the aberration of the projection optical system which projects the pattern of a mask on a substrate can be eased, and high precision transfer of a detailed pattern is attained.

[0033]

In order to solve SUBJECT mentioned above, according to the 5th viewpoint of this invention, under the illumination light ( $I_4$ ). In the exposure device which transfers the image of the pattern formed in the mask (18) on a substrate (25) via a projection optical system (24), The exposure view of said projection optical system (24) is orthopedically operated in the form which has a longitudinal direction, the polarization direction of said illumination light ( $I_4$ ) is made parallel with the longitudinal direction of said exposure view, and the exposure method transferring the image of the pattern of said mask on said substrate is provided.

[0034]

In this invention, it can expose in the state where it set up so that the longitudinal direction of a line pattern and the longitudinal direction of said exposure view might become parallel substantially among said patterns formed in said mask.

[0035]

In this invention, where said mask (18) and said substrate (25) are relatively moved in accordance with the 1st direction (the direction of Y), when exposing, the longitudinal direction of said exposure view can intersect perpendicularly in said 1st direction.

[0036]

According to the 6th viewpoint of this invention, are a device manufacturing method using the exposure method concerning the 4th or the 5th viewpoint of the exposure device concerning the 1st, the 3rd, or the 3rd viewpoint of said this invention, or said this invention, and as said substrate, A direction vertical to the surface uses a silicon crystal substrate mostly in agreement for [111] crystal axes, The manufacturing method of the device exposing said substrate by said illumination light where [11-2] crystal axis which intersects perpendicularly with the aforementioned [111] crystal axis, or a crystal axis equivalent to this is coincided with said 2nd direction or the longitudinal direction of said exposure view is provided. In this case, exposure transfer of the gate pattern formed in said mask can be carried out on said substrate so that it may become substantially parallel to the aforementioned [11-2] crystal axis or a crystal axis equivalent to this. The semiconductor device in which high-speed operation is more possible, other electron devices, etc. can be manufactured now.

[0037]

According to the 7th viewpoint of this invention, are a device manufacturing method using an exposure method concerning the 4th or the 5th viewpoint of an exposure device concerning the 1st, the 2nd, or the 3rd viewpoint of said this invention, or said this invention, and as said substrate, A direction vertical to the surface uses a silicon crystal substrate mostly in agreement for [110] crystal axes, A device manufacturing method exposing said substrate by said illumination light where [00-1] crystal axis which intersects perpendicularly with the aforementioned [110] crystal axis, or a crystal axis equivalent to this is coincided with said 2nd direction or a longitudinal direction of said exposure view is provided. In this case, exposure transfer of the gate pattern formed in said mask can be carried out on said substrate so that it may become substantially parallel to the aforementioned [00-1] crystal axis or a crystal axis equivalent to this. A semiconductor device in which high-speed operation is more possible, other electron devices, etc. can be manufactured now.

[0038]

According to the 8th viewpoint of this invention, are a device manufacturing method using an exposure method concerning the 4th or the 5th viewpoint of an exposure device concerning the 1st, the 2nd, or the 3rd viewpoint of said this invention, or said this invention, and as said substrate, A semiconductor wafer in which semiconducting crystal structure of the surface layer was distorted in the one predetermined direction at least is used, A device manufacturing method where at least one [ an electron in said surface layer or ] mobility of a hole is coincided [ a direction used as the maximum ] in the direction which intersects perpendicularly with said 1st direction or a longitudinal direction of said exposure view, wherein it exposes said substrate is provided. In this case, a semiconductor wafer which a silicon crystal layer has can be used as said surface layer. A semiconductor device in which high-speed operation is more possible, other electron devices, etc. can be manufactured now.

[0039]

In Description of this application, "a crystal axis equivalent to a crystal axis", The crystal axis with which an order of the index of the crystal axis concerned was replaced to a certain crystal axis, When it is the crystal axis which furthermore reversed the mark about at least a part of each of those indices, for example, a certain crystal axis is the [abc] crystal axis, [acb], [bac], [bca], [cab], [cba], [-abc], [-acb], [-bac], [-bca], [-cab], [-cba], [a-bc], [a-cb], [b-ac], [b-ca], [c-ab], [c-ba], [ab-c], [ac-b], [ba-c], [bc-a], [ca-b], [cb-a], [-a-bc], [-a-cb], [-b-ac], [-b-ca], [-c-ab], [-c-ba], [a-b-c], [a-c-b], [b-a-c], [b-c-a], [c-a-b], [c-b-a], [-a-b-c], [-a-c-b], [-b-a-c], [-b-c-a], [-c-a-b], and [-c-b-a] are equivalent crystal axes.

[0040]

[Mode for carrying out the invention]

Hereafter, an embodiment of the invention is described using Drawings.

[0041]

Drawing 1 is a figure showing the outline composition of the exposure device concerning an embodiment of the invention, and this exposure device is a step and scan type (scanning-type) projection aligner. In the following explanation, the XYZ orthogonal coordinate system shown in drawing 1 is set up, and it explains, referring to this XYZ orthogonal coordinate system. An XYZ orthogonal coordinate system is set up so that a Y-axis and the Z-axis may become parallel to space, and it is set up in the direction from which the X-axis becomes vertical to space. The XYZ coordinate system in a figure is actually set as the field where an XY plane is parallel to the level surface, and the Z-axis is set as perpendicular above. The direction in alignment with a Y-axis is the scanning (scan) direction.

[0042]

A scanned type projection aligner concerning this embodiment is provided with a stage device etc. which have the light source 1, illumination-light study system 1L, the projection optical system 24, the reticle stage 19, and the wafer stage 26, and is constituted.

[0043]

Adsorption maintenance is carried out on the reticle stage 19 laid on the reticle surface plate 22, and a scan of the reticle (mask) 18 in which a pattern which should be transferred was formed is attained in the direction of Y in a figure in the reticle surface plate 22 top by the reticle stage 19. The reticle side moving mirror 20 is formed on the reticle stage 19, the reticle side moving mirror 20 is counteracted and the reticle side laser interferometer 21 is arranged. A measurement value by the reticle side laser interference system 21 is supplied to an unillustrated stage control apparatus, and operation of the reticle stage 19 is controlled by this stage control apparatus.

[0044]

Illumination-light  $I_4$  is irradiated by the reticle stage 19 by illumination-light study system 1L at the reticle 18 by which adsorption maintenance was carried out. Illumination light (diffracted light) which the opening 23 for illumination-light  $I_4$  to pass is formed in the reticle surface plate 22, and penetrated the reticle 18 passes the opening 23, and enters into the projection optical system 24. And a projection image of a pattern on the reticle 18 is formed on the semiconductor wafer (induction substrate) 25 as an exposed substrate by image formation operation of the projection optical system 24. This projection image exposes photoresist applied to the surface of the wafer 25, and a reticle pattern is transferred by the wafer 25 surface.

[0045]

Adsorption maintenance is carried out in the wafer stage 26 laid in the wafer surface plate 29, and the scan of the wafer 25 is attained in the direction of Y in a figure in the wafer surface plate 29 top by the wafer stage 26. The wafer side moving mirror 27 is formed on the wafer stage 26, the wafer side moving mirror 27 is counteracted and the wafer side laser interferometer 28 is arranged. The measurement value by the wafer side laser interference system 28 is supplied to said stage control apparatus, and the operation is controlled so that the wafer stage 26 moves synchronous to movement of the reticle stage 19 with this stage control apparatus. In addition to the scan which meets in the direction of Y, step moving of the wafer stage 26 can be carried out now about the direction of X, and the direction of Y. Making an XY direction carry out step moving of the wafer 25 one by one, in order to transfer the projection image of a reticle pattern, respectively to two or more shot regions set up the whole surface on the wafer 25, the scanning (scan) exposure to the direction of Y is repeated, and is performed.

[0046]

Illumination-light  $I_0$  ejected from the light sources 1, such as a KrF (krypton fluoride) excimer laser (wavelength of 248 nm), an ArF (argon fluoride) excimer laser (wavelength of 193 nm), and F<sub>2</sub> (fluorine molecule) laser (wavelength of 157 nm), is supplied to illumination-light study system 1L.

[0047]

The composition of illumination-light study system 1L is as follows. Illumination-light  $I_0$  supplied from the light source 1 is drawn by the polarization mirror 2 and the plastic surgery optical systems 3 and 4, and enters into the polarization controlling element (adjusting device) 5. The details of the polarization controlling element 5 are mentioned later.

[0048]

Illumination-light  $I_1$  which passed the polarization controlling element 5 enters into the 1st illumination equalization component 6, such as a fly eye lens and a diffraction grating. The light flux which ejected the 1st illumination equalization component 6 enters into the 2nd illumination equalization component 9, such as a fly eye lens, through the relay lenses 7 and 8. The Lighting Sub-Division aperture diaphragm (sigma diaphragm) 10 is formed in the injection side of the illumination equalization component 9. A diaphragm of the circular diaphragm (iris diaphragm) with a radius strange good as the Lighting Sub-Division aperture diaphragm 10, and zona-orbicularis form. The deformation illumination diaphragm etc. which have two or more openings can be used, and these can be arranged on a pivotable revolver and can be selectively arranged now by rotating and positioning this revolver suitably.

[0049]

The light flux which ejected the Lighting Sub-Division aperture diaphragm 10 results in the field diaphragm 14 through the relay lens 11, the bending mirror 12, and the relay lens 13. The field diaphragm 14 (shaping device) is the equipment thru/or the component which restricts the lighting field on the reticle 18.

[0050]

This exposure device is a scanned type exposure device, and since the reticle 18 and the wafer 25 scan in the direction of Y when exposing, the lighting field on the reticle 18 is made into slit shape (here rectangle) short in the direction of Y long in the direction of X in a figure. For this reason, the form of the field diaphragm 14 has become in the direction of X in a figure with the long rectangle short to a Z direction in consideration of the reflection property of the bending mirror 17. In order to adjust the width of a slit, when the diaphragm which specifies the both ends of the Z direction of the field diaphragm 14 is movable composition at a Z direction, respectively, it is much more preferred. The same can be said for the direction of X. The light flux which penetrated the field diaphragm 14 is bent with the relay lenses 15 and 16, and it is irradiated with it by the reticle 18 through the bending mirror 17.

[0051]

The polarization controlling element 5 is an optical element for controlling the polarization condition of illumination-light  $I_0$ , and sets the polarization condition as a predetermined state. The illumination light irradiated on the reticle 18 is linear polarization in general,

and a predetermined state is in the state where the polarization direction (the direction of the electric field vector of light) becomes in the direction of X in a figure. In the equipment shown in drawing 1, it will set up so that the polarization direction in the injection position of the polarization controlling element 5 may also become in the direction of X.

[0052]

Since the usual projection optical system does not contain in the inside a component (a wavelength plate and a polarization beam splitter) to which the polarization direction of the illumination light (exposing light) is changed, If the polarization condition of the illumination light irradiated on the reticle 18 as mentioned above is made parallel with the direction (namely, longitudinal direction of a projection optical system view) of X in a figure (if it is made in agreement), The polarization condition of the illumination light (exposing light) irradiated by the wafer via a mask and a projection optical system also becomes in general parallel to the longitudinal direction of a projection optical system view. Therefore, the following explanation is performed on the assumption that the polarization condition of the illumination light irradiated by the reticle and the polarization condition of the illumination light (image formation light) irradiated by the wafer are equivalent.

[0053]

In an above-mentioned excimer laser and fluorine laser light source, the exit light (illumination-light  $I_0$ ) turns into linear polarization in general. Then, in order to coincide the polarization direction of this linear polarization in the above-mentioned predetermined direction,  $1/2$  wavelength plate which consists of an optical material which has the birefringence of crystal (silicon dioxide crystal), a magnesium fluoride crystal, etc., for example is inserted in a predetermined direction. In the optical relative position relation of the light source 1 and illumination-light study system IL, when the polarization direction of illumination-light  $I_0$  supplied to illumination-light study system IL from the light source 1 is in agreement with the above-mentioned predetermined direction (the direction of X) from the start, it is necessary not to dare to form such a polarization controlling element 5.

[0054]

When the light source 1 emits light flux other than linear polarization like a lamp or random polarization laser, the polarizing filter and polarization beam splitter which penetrate only the linear polarization of the above-mentioned predetermined direction are used as the polarization controlling element 5.

[0055]

Here, there is not necessarily necessity that the illumination light with which the reticle 18 is irradiated is perfect linear polarization, and if the great portion of illumination-light intensity (for example, not less than about 80%) is made into predetermined linear polarization, the effect of this invention can be demonstrated. Therefore, when using the above-mentioned polarizing filter and a polarization beam splitter, if the polarization selection ratio is not less than about 80%, it is enough. When using as a light source fluorine laser which does not perform narrow band-ization, illumination-light  $I_0$  does not need to perform linear polarization-ization beyond it to the illumination light for the same Reason, although it becomes a certain amount of linear polarization and the linear polarization which intersects perpendicularly with it is also included.

[0056]

Drawing 2 is a top view showing an example of the reticle in the state where it was laid on the reticle stage 19. As shown in drawing 2, in the pattern area 30 of the reticle 18, the patterns 32, 33, and 34 are drawn as main line patterns. These patterns 32, 33, and 34 are patterns with the thin line width itself, such as a transistor gate, and strict line width uniformity demanded, i.e., the pattern which need high precision transfer, and are formed in accordance with the specific direction, for example, other patterns (figures omitted — abbreviated) are drawn in the pattern area 30 — being concerned — others — a pattern, For example, even if it is the circuit pattern and transistor gate which are established in the end of this transistor gate, line width is thick like comparison of the pattern etc. whose working speed may be slow, and line width uniformity is a loose pattern and is formed in accordance with a direction which is different in the patterns 32, 33, and 34.

[0057]

According to this embodiment, adsorption maintenance of the reticle 18 is carried out on the reticle stage 19 so that the direction to which the main patterns 32, 33, and 34 have extended may become almost parallel to the direction of X, as shown in drawing 2. Namely, the direction is set up in the direction of X about the patterns 32, 33, and 34 in which the line width is detailed among the patterns which should be transferred and in which the line width uniformity becomes very important.

[0058]

In drawing 2, the field 31 shown with the dashed line in the pattern area 30 is a field equivalent to the exposure view of the projection optical system 24, and its center of the corresponds with the optic axis AX of the projection optical system 24 while it is inscribed in the right image range 40 of the projection optical system 24. However, to the right image range 40 of the projection optical system 24, eccentricity of the exposure view of the projection optical system 24 is carried out, it may be set up, and the center of an exposure view and its optic axis AX of the projection optical system 24 do not correspond in this case. Illumination-light  $I_4$  irradiated by the reticle 18 by illumination-light study system IL is irradiated by this field. The polarization condition of this illumination-light  $I_4$  uses as the main ingredients linear polarization which has a polarization direction in the direction of X as the sign E showed it in the figure.

[0059]

Since the relatively scan (scan) of the reticle 18 and the wafer 25 is carried out in the direction of Y when exposing, with that image formation relation maintained, the pattern (pattern 34 grade) which is not into the exposure view 31 in the state of drawing 2 also enters in the exposure view 31 one by one by this scan, and is transferred by the wafer 25.

[0060]

Next, the relation between the direction of a pattern which is one of the features of this invention, and an exposure view long side direction, and the relation of an illumination-light polarization direction are explained.

[0061]

Drawing 3 (A) - (C) and drawing 4 (A) - (D), Are the relation between the direction of a pattern, and a polarization direction a figure for being shown, and drawing 3 (A) and drawing 4 (A), The case where linear polarization  $I_{41}$  whose polarization direction  $E_1$  corresponds in the direction of X, respectively, and linear polarization  $I_{42}$  whose polarization direction  $E_2$  corresponds in the direction



of Y are irradiated by the pattern 36 extended in the direction of X in a figure is expressed.

[0062]

Illumination-light  $I_{41}$  and  $I_{42}$  which were diffracted by the pattern 36 extended in the direction of X generate the diffracted light in the direction of +Y and -Y, respectively. These diffracted lights are shown by zero-order diffracted-light D01 and primary [-] diffracted-light DM1 and primary [+] diffracted-light DP1 by drawing 3 (A), and are shown by zero-order diffracted-light D02 and primary [-] diffracted-light DM2 and primary [+] diffracted-light DP2 by drawing 4 (A) by it. Since the polarization condition of each illumination-light  $I_{41}$  and  $I_{42}$  is saved, the polarization condition of each diffracted light, On pupil surface EP of the projection optical system 24, the diffracted light D01 in drawing 3 (A), DM1, and DP1 become the linear polarization of the direction of X, and the diffracted light D02 in drawing 4 (A), DM2, and DP2 become the linear polarization of the direction of Y.

[0063]

Such the diffracted light (diffracted light which spread in the direction of Y from the pattern (pattern of the direction of X) prolonged in the direction of X as mentioned above), By image formation operation of the projection optical system 24, after passing pupil surface EP, the direction of movement is again refracted in the direction of Y, and it condenses again on the wafer 25, and the interference fringe which is an image of the pattern 36 is formed here. And this interference fringe is irradiated by the wafer 25 (Lighting Sub-Division), and an image is recorded on the photoresist applied to the wafer surface.

[0064]

It combines with refraction of the above-mentioned light flux, and the polarization direction rotates in the direction which intersects perpendicularly with the direction of movement of light flux. This follows the physical law of the light that the direction of movement of light and the direction of an electric field always cross at right angles.

[0065]

Although diffracted-light DM2 in drawing 4 (A) and DP2 are the linear polarization of the direction of Y on pupil surface EP, the polarization direction changes according to refraction of diffracted-light DM2 and DP2. Drawing 4 (B) is an enlarged drawing near [ wafer 25 ] drawing 4 (A), and the polarization direction of diffracted-light DM2 and DP2 turned into a direction which intersects perpendicularly with the direction of movement of each light flux, and has shifted from the direction of Y. However, since the direction of movement of the diffracted light D02 is a - Z direction, the polarization direction is maintained with the direction of Y.

[0066]

The intensity distribution of the interference fringe (image) by such light flux, The square (energy) (intensity distribution IM2 shown as the solid line in drawing 4 (C)) of the sum of Y direction component of each polarization (electric field), It is the sum with the square (energy) (intensity distribution IM3 shown with the dashed line in drawing 4 (C)) of the sum of the Z direction ingredient of each polarization (electric field) (the sum of X ingredient is 0), and is set to intensity distribution IM4 of drawing 4 (D). However, since both mark reverses the Z direction ingredient of the electric field of diffracted-light DM2 and DP2 from the relation of the angle of both polarization at this time, a phase will shift from intensity distribution IM2 of the image which Y direction component of the electric field formed, and that intensity distribution IM3 will reduce that contrast.

[0067]

Therefore, since the polarization direction of the illumination light (each diffracted light) irradiated on a wafer is not mutually parallel if a polarization direction illuminates the pattern of the direction of X by the linear polarization which is the direction of Y as shown in drawing 4 (A), the contrast of the projection image falls and it is not suitable for transfer of a detailed pattern.

[0068]

On the other hand, like the diffracted light D01 in drawing 3 (A), DM1, and DP1, the polarization direction of the light flux which has a polarization direction in the direction of X on pupil surface EP is maintained in the direction of X, even if the direction of movement of light flux is refracted in the direction of Y. And on the wafer 25, the diffracted light D01 to which all polarization directions gathered in the direction of X, DM1, and DP1 are irradiated, and an interference fringe is formed as shown in drawing 3 (B). This interference fringe intensity distribution can be found by the square of the sum of the X direction component of an electric field (the sum of Y and Z ingredient is 0), and serves as a passage of intensity distribution IM1 in drawing 3 (C). Since this does not have the ingredient which the mark reversed unlike the case of drawing 4 (A), it means that the contrast is high.

[0069]

Therefore, when a polarization direction illuminates a pattern of the direction of X by linear polarization which is the direction of X so that all polarization directions of illumination light (each diffracted light) irradiated on a wafer may become parallel to the direction of X as shown in drawing 3 (A), contrast of the projection image is high and suitable for transfer of a detailed pattern.

[0070]

Next, relation between the direction of a pattern and an exposure view long side direction is explained using drawing 5. The exposure view 31 of the projection optical system 24 is shown in drawing 5. As for form of the exposure view 31, the long side serves as a rectangle to which a shorter side met in the direction of Y in accordance with the direction of X. And the center C is in agreement with the optic axis AX of the projection optical system 24 in many cases as above-mentioned.

[0071]

Point intensity distribution which is an imaging characteristic on the point 39 near an end of the direction of X on such an exposure view 31, influence of a theoretic residual aberration of a diffraction limit and the projection optical system 24 — a radial direction and the direction of a concentric circle (to the point 39 in drawing 5, it is in agreement in the direction of X, and the direction of Y, respectively) of the projection optical system 24 — spreading (Japanese quince) — it will have. The point intensity distribution 60 and 61 in a figure expresses the direction section (radial direction section) of X and the direction section (the direction section of a concentric circle) of Y of point intensity distribution in a position of the point 39, respectively. Thus, width of breadth of point distribution is influence of a residual aberration, and it is common that a direction of a radial direction becomes larger than the direction of a concentric circle. Although there is various aberration in a residual aberration, a coma aberration and the chromatic aberration of magnification are the main factors which make breadth of point distribution of a radial direction larger than breadth to the direction of a concentric circle.

[0072]

Among these, it is difficult for a coma aberration to also remove a design top thoroughly also in respect of a manufacture error. In the chromatic aberration of magnification coping with making the projection optical system 24 into a catadioptric system incorporating a concave mirror, as soon as it uses a suitable material (for example, fluorite) for chromatic aberration removal abundantly into material of a lens which constitutes the projection optical system 24 etc., although removal is possible, There is a problem on which a manufacturing cost of a projection optical system rises by any of the technique.

[0073]

Since such aberration remains, in a projection optical system, the pattern 37 parallel to the long side direction of the exposure view 31 cannot receive influence of a residual aberration easily compared with the pattern 38 vertical to the long side direction of the exposure view 31, and transfer of a more detailed pattern is attained around the exposure view 31 at it.

[0074]

Since the direction is set up in the direction (the direction of the pattern 37) of X about the pattern in which the line width becomes very minutely important among the patterns which should be transferred in the line width uniformity, it stops, as for the transfer image, influencing by the aberration of the above-mentioned radial direction according to this embodiment. Therefore, even if it uses the same projection optical system as the former, it becomes possible to resolve a more detailed pattern. Since the illumination light irradiated from illumination-light study system IL is also the linear polarization of the direction of X which is the optimal Lighting Sub-Division for the pattern of the above directions (direction parallel to the long side direction of the exposure view 31) of X, it can resolve a much more detailed pattern compared with the former.

[0075]

Or if the degree of detail of the pattern to expose may be comparable as the former, the acceptable value of the residual aberration of the radial direction of the projection optical system 24 to be used can be loosened compared with the conventional projection optical system. Especially, since the cost cut of a projection optical system can be aimed at, relaxation of a magnification aberration acceptable value enables it to provide an inexpensive projection aligner.

[0076]

Chromatic aberration correction of the projection optical system 24 remains as it is, and can also ease spectral band width of the light source 1. In the case of narrow band-ized laser, relaxation of spectral band width means simplification of a laser narrow band-ized element, increase of a laser output and extension of a narrow band-ized element life are brought about, and improvement in throughput of an exposure device and running cost \*\*\*\*\* of a narrow band-ized element enable reduction of a running cost of an exposure device.

[0077]

By the way, although it was made to irradiate the reticle 18 with illumination-light  $I_4$  which uses a polarization direction parallel to the direction of X as the main ingredients in an embodiment mentioned above, It may be preferred to make a polarization condition of illumination light irradiated on the reticle 18 depending on a pattern to expose into unpolarized light (available light) or circular light thru/or elliptically polarized light. Then, in this embodiment, it is desirable to consider the polarization controlling element 5 as removable composition, or to consider a direction of movement of illumination light as composition pivotable as the axis of rotation.

[0078]

For example, when the light source 1 is a laser light source which emits light flux of linear polarization in general and uses  $1/2$  wavelength plate as the polarization controlling element 5. As shown in drawing 6, the polarization controlling element 5 is constituted from the  $1/4$  wavelength plates 51 and 52 of two sheets, and light flux  $I_1$  ejected can be made into linear polarization by each rotation which set the axis of rotation as a direction of movement of illumination-light  $I_0$ , or it can be considered as circular light.

[0079]

Namely, in making exit light  $I_1$  into linear polarization. What is necessary is to arrange a mutual major axis direction of the  $1/4$  wavelength plates 51 and 52, and just to set up the direction in the middle direction of a polarization direction of incident light  $I_0$ , and a polarization direction of a request of exit light  $I_1$ . What is necessary is to coincide a major axis direction of the  $1/4$  wavelength plate 51 by the side of a light source with a polarization direction of incident light  $I_0$ , and just to set up a major axis direction of the  $1/4$  wavelength plate 52 of another side in the direction rotated 45 degrees to the above-mentioned polarization direction, in order to make exit light  $I_1$  into circular light.

[0080]

When the light source 1 is what ejects unpolarized light, a polarization condition of illumination-light  $I_4$  irradiated on the reticle 18 can be made variable by carrying out attach/detach of a polarizing filter and a polarization beam splitter as the polarization controlling element 5.

[0081]

Although a pattern of a mask was transferred to a substrate after a mask and a substrate had carried out relative displacement, and an exposure device of a step and scanning method to which step moving of the substrate is carried out one by one was explained by this embodiment, Using an exposure view of form provided with a long side direction and a short side direction, after a mask and a substrate have stood it still, a pattern of a mask may be transferred to a substrate, and it may expose by a step-and-repeat system to which step moving of the substrate is carried out one by one. An exposure device with which this step-and-repeat system is applied, It differs in that it exposes in the state where a mask and a substrate were made to stand it still mutually, to an exposure device of a step and scanning method, and other composition can be carried out to the same composition as an exposure device of a step and scanning method. In an exposure device of this step-and-repeat system, in applying this invention, A polarization direction of illumination light is adjusted for a pattern of a mask by the polarization controlling element 5, and it is possible to rotate the field diaphragm 14 to a circumference of an optic axis of an illumination-light study system, and for it to be also mutually parallel in a long side direction of an exposure view of a projection optical system and a polarization direction of illumination light. When a polarization direction of illumination light supplied from a light source is in agreement with a predetermined direction from the start, it is also good to rotate the field diaphragm 14, without providing a polarization controlling element.

[0082]

In making the light source of an exposure device into vacuum ultraviolet light, such as  $F_2$  laser, the material of transmitted light study components, such as a lens to be used, uses what is called modified quartz like fluoride crystals, such as fluorite with high permeability to vacuum ultraviolet light, and quartz of the fluoridation. It is necessary to use it about an optical path with high rare gas and nitrogen gas of transmissivity to vacuum ultraviolet light, carrying out inert gas replacement.

[0083]

By the way, in the exposure device which uses  $F_2$  laser as a light source, a material usable as a lens adopted as an illumination-light study system or a projection optical system is substantially limited to fluorite on the relation of transmissivity. Although fluorite is a crystal belonging to cubic system and it was thought that a double reflex peculiar to a crystal was not generated conventionally, International in May, 2001. In the 157-nm symposium (it holds by California [ U.S. ] DANAPOINTO) which SEMTECH (Semiconductor Manufacturing Technology Institute) sponsored, In the vacuum ultraviolet area, having a double reflex also with fluorite peculiar to a crystal was announced by NIST (National Institute of Standards and Technology: rice countries beacon semi- technical research center).

[0084]

In the exposure device which uses conventional random polarization Lighting Sub-Division, the double reflex of the lens material which constitutes an illumination-light study system hardly influences final image formation performance. Therefore, the peculiar double reflex of the fluorite lens arranged at an illumination-light study system was not made an issue of until now.

[0085]

However, like this invention, when a mask pattern is illuminated by linear polarization, there is a possibility that rotation of the polarization direction accompanying the peculiar double reflex of the fluorite lens in an illumination-light study system may pose a problem. That is, there is a possibility that the polarization direction of the illumination light where the peculiar double reflex of a fluorite lens acts like  $1/2$  wavelength plate or  $1/4$  wavelength plate, and illuminates a mask pattern side may shift from the direction of desired. According to the place within a mask pattern side, there is also a possibility that the polarization conditions of the illumination light may differ. Therefore, in the exposure device which made  $F_2$  laser the illumination light source and adopted a crystalline material like fluorite as the illumination-light study system, it is desirable to take the following measures.

[0086]

That is, (they may be A sheets) in several predetermined sheets among the fluorite lenses (S sheets) arranged in an illumination-light study system, Coincide the optic axis with the  $[111]$  axes of a crystal axis, and the lens of the predetermined leaves (they may be a sheets) of them, and the remaining lens (A-a sheets), B lenses (= S-A sheets) which arrange by making an optic axis into a center of rotation so that the crystal orientation may rotate 60 degrees mutually, and remain, The optic axis is coincided with the  $[100]$  axes of a crystal axis, and, as for the lens of the predetermined leaves (b sheets) of them, and the remaining lens (B-b sheets), it is desirable to cope with to arrange so that the crystal orientation may rotate 45 degrees mutually etc. by making an optic axis into a center of rotation.

[0087]

Drawing 7 shows the case where the above-mentioned measures are taken to the lens in the illumination-light study system of four sheets as an example, and each of the four lenses L1 located in a line in accordance with the optic axis LAX of an illumination-light study system, L2, L3, and L4 is lenses which consist of fluorite. Among these, the lens L1 and L2 are lenses in which the optic axis (the optic axis LAX of an illumination-light study system and coincidence) corresponds with the  $[100]$  axes of a fluorite crystal, And the crystal axis ( $[010]$  axes and  $[001]$  axes) of the fluorite crystal in both lens side inboard (inside of the field which intersects perpendicularly with the optic axis LAX) has a relation rotated 45 degrees as it was illustrated.

[0088]

The lens L3 and L4 are lenses in which the optic axis (the optic axis LAX of an illumination-light study system and coincidence) corresponds with the  $[111]$  axes of a fluorite crystal, And the crystal axis ( $[0-11]$  axis,  $[-110]$  axis, and  $[-101]$  axis) of the fluorite crystal in both lens side inboard (inside of the field which intersects perpendicularly with the optic axis LAX) has a relation rotated 60 degrees as it was illustrated.

[0089]

The polarization condition of the illumination light in a mask pattern side can be made into desired linear polarization by taking such measures against an illumination-light study system, and it becomes possible to fully demonstrate the effect of this invention.

[0090]

When fluorite is adopted as the lens within a projection optical system, about the influence which a peculiar double reflex has on the image formation performance of a projection optical system. . [ with which crystal axis the optic axis of each fluorite lens to be used is coincided, and ] That or it can solve by optimizing whether an optic axis is made into a center of rotation, is rotated how many times, and each lens is arranged, SPIE in March, 2002 (reported by an invention-in-this-application person's etc. paper in International Society for Optical Engineering Microlithography Symposium, etc.)

[0091]

Although the embodiment mentioned above has explained as a premise that a component (a wavelength plate and a polarization beam splitter) to which the polarization direction of the illumination light (exposing light) is changed is not included in the inside of a projection optical system, In a certain kind of catadioptric system, what contains polarization condition change components, such as a wavelength plate and a polarization beam splitter, in it exists. Also in this case, the exposure view of a projection optical system serves as slit shape in many cases. However, the polarization condition of the illumination light illuminated by the reticle and the polarization condition of the illumination light (exposing light) irradiated at the wafer side are changed by the above-mentioned polarization condition change component, and also when the relation between the exposure view slit longitudinal direction in both and a polarization direction stops being in agreement, they have it.

[0092]

In applying this invention to the exposure device which has such a projection optical system, It is desirable to set up so that the polarization condition of the illumination light (exposing light) eventually irradiated with the polarization condition of the illumination light with which a reticle is irradiated by the wafer surface through the above-mentioned projection optical system may become a

longitudinal direction of the exposure view slit in a wafer surface and parallel. On the contrary, even if it sets up the illumination light by the side of a reticle become a longitudinal direction of the exposure view slit by the side of a reticle, and parallel, Since the polarization condition of the illumination light (exposing light) which enters into a wafer will be in the state which is not preferred if the polarization condition by a projection optical system is changed by the above-mentioned polarization condition change component, the effect of this invention cannot be acquired.

[0093]

By the way, in the embodiment mentioned above, although it supposes that a gas (gas with little absorption to air or ultraviolet rays) exists in the space between a projection optical system and a wafer, this invention is not limited to this and a liquid may be filled in the space between a projection optical system and a wafer. It is this, i.e., a dipping optical system, and when only 1 for the refractive index of the above-mentioned liquid reduces the wavelength of the illumination light (exposing light) irradiated by the wafer, it is a thing of the resolution of an exposure device which realizes improvement further.

[0094]

In a dipping optical system, only 1 for the refractive index of the above-mentioned liquid is reduced compared with the case of the optical system whose sine value of the angle which the zero order light in the above-mentioned liquid of the illumination light at the time of exposing the pattern of an identical pitch in an identical wavelength (exposing light) and primary light make is not dipping. If this is said conversely, also in the projection optical system of the same composition, it will mean that the numerical aperture is expandable by the refractive index of the above-mentioned liquid, and this will be the main factor of the above-mentioned improvement in resolution.

[0095]

However, it is under [ photoresist / in which the latent image of a pattern is actually formed ] setting, Even if it is the usual optical system which is not dipping even if it is a dipping optical system, since the refractive index of photoresist is the same, the sine value of the angle which the zero order light of the illumination light at the time of exposing the pattern of an identical pitch in an identical wavelength (exposing light) and primary light make becomes the same in both. Therefore, in the dipping optical system which should expose a much more detailed (a pitch is fine) pattern compared with the usual optical system, If the polarization condition of the illumination light (exposing light) irradiated by the resist is not preferred, since the gap of the polarization direction between the diffracted lights (exposing light) of each degree in a resist is large, the fall of much more image contrast will arise. Therefore, when this invention is applied to a dipping projection optical system, much more effect will be acquired compared with the case where this invention is applied to the projection optical system which is not the conventional dipping.

[0096]

Next, in C-MOS-LSI which is the mainstream of present Integrated Circuit Sub-Division, the thing in which the electron device was formed on the surface of the silicon crystal whose wafer surface corresponds with the  $\langle 100 \rangle$  sides of a crystal is common. In C-MOS-LSI, although the pair of the transistor of n-MOS and the transistor of p-MOS is formed on the surface of a silicon wafer, when the surface uses the wafer which is the  $\langle 100 \rangle$  sides of a crystal as mentioned above, there is a problem that the mobility of the hole (electron hole) of p-MOS transistor is low.

[0097]

On the other hand with a silicon wafer (namely, wafer whose crystal axes vertical to the surface are  $[111]$  crystal axes) coincided with  $\langle 111 \rangle$  sides of a crystal, a wafer surface. Since mobility of an electron and a hole to  $[1-10]$  axial orientation within the  $\langle 111 \rangle$  side and a direction within  $\langle 111 \rangle$  sides equivalent to this is large, much more high-speed operation of C-MOS-LSI becomes possible. An equivalent direction is a direction which at least a direction where an order of each index interchanged reached [ direction ], and reversed a mark of at least one index here, A direction which exists in  $\langle 111 \rangle$  sides in it as above-mentioned turns into  $[-110]$  axial orientation,  $[10-1]$  axial orientation,  $[-101]$  axial orientation,  $[01-1]$  axial orientation, and  $[0-11]$  axial orientation.

[0098]

$[1-10]$  axis or axes equivalent to this are three directions which cross at an angle of 120 degrees in  $\langle 111 \rangle$  sides of a crystal, respectively. Therefore, the direction of [ within  $\langle 111 \rangle$  sides which intersect perpendicularly with this direction ], i.e., an axis which exists in  $[11-2]$  crystal axis or  $\langle 111 \rangle$  sides equivalent to this. In parallel with (for example,  $[1-21]$  crystal axis,  $[2-1-1]$  crystal axis, etc.), if a longitudinal direction of a gate pattern is formed, An electron in a MOS transistor including the gate and the move direction of a hole can be coincided with  $[1-10]$  axial orientation where mobility is big, or  $[-110]$  axial orientation, and much more high-speed operation of C-MOS-LSI becomes possible.

[0099]

As for a pattern direction on a reticle, since drawing precision (pattern width homogeneity) of a minute pattern which is not parallel to the neighborhood is inferior to a parallel minute pattern to a reticle of a square outside actually here, it is preferred to keep step with direction of a neighborhood of a square of a reticle outside. However, if one of  $[1-10]$  axis of three directions which cross at an angle of 120 degrees in  $\langle 111 \rangle$  sides of the above-mentioned crystal, respectively, or axes equivalent to this is coincided with one of the reticle outsides, other two directions will turn into a direction which is not preferred on formation accuracy of a reticle pattern. Therefore, when a crystal axis vertical to the surface realizes more nearly high-speed C-MOS-LSI using a wafer which is  $[111]$  axes, it will be necessary to arrange a longitudinal direction of an usable gate pattern in the one direction ( $[-112]$  axis and the any 1 direction of [ in shaft orientations equivalent to this ]) substantially. Hereafter, this point is considered.

[0100]

Drawing 8 (A) is a figure with which a crystal axis vertical to the surface expresses a direction of a silicon crystal within a wafer surface of a silicon wafer which is  $[111]$  axes. That is, a wafer surface is in agreement with  $\langle 111 \rangle$  sides of a silicon crystal.  $[111]$  axes are directions vertical (that is, vertical to a wafer surface) to space, and as illustrated in a wafer surface, A crystal axis ( $[0-11]$  axis,  $[-110]$  axis, and  $[-101]$  axis) equivalent to  $[110]$  axes which are an electron and a direction with big mobility of a hole is located in a line with an angle interval which is 120 degrees. In the figure, a hand of cut of a wafer is set up in the predetermined direction, and  $[-110]$  axis and a Y-axis of Drawings are considering it as a match.

[0101]

In order to speed up working speed of a MOS transistor, Since it is desirable to make it in agreement with the above-mentioned  $[110]$  axis or shaft orientations equivalent to this, an electron in a transistor, and the move direction of a hole as a longitudinal direction of

a gate pattern, As shown in drawing 8 (A) as the gate pattern G1, G2, and G3, it is desirable to carry out orientation in the direction which intersects perpendicularly with  $[110]$  axes or shaft orientations equivalent to this. Therefore, a longitudinal direction of a gate pattern in the case of drawing 8 (A), The gate G1 where  $[11-2]$  shaft orientations (this is in agreement with the X-axis of Drawings) which intersect perpendicularly with  $[-110]$  shaft orientations in  $\langle 111 \rangle$  sides serve as a stretcher, the gate G2 where  $[1-21]$  shaft orientations which intersect perpendicularly with  $[-101]$  shaft orientations in  $\langle 111 \rangle$  sides serve as a stretcher, Or it is preferred that  $[2-1-1]$  shaft orientations which intersect perpendicularly with  $[0-11]$  shaft orientations in  $\langle 111 \rangle$  sides are arranged in the three directions which had 120 rotation relations mutually [ of gate G3 used as a stretcher ].

[0102]

The field EXF of the rectangle surrounded with the dashed line in drawing 8 (A) is an exposure field area of the projection optical system of the exposure device of this embodiment, and its long side direction of the corresponds with the longitudinal direction of the direction of X in a figure, and the coincidence G1, i.e., the above-mentioned gate, and  $[11-2]$  shaft orientations of a silicon crystal.

[0103]

Drawing 8 (B) is a plan of the reticle used with the exposure device of this embodiment. Although the original edition of the pattern which should be transferred is drawn in the pattern area PA, With the accuracy of EB (electron beam) drawing machine etc. which draw a pattern, the drawing precision (line width accuracy and drawing accuracy of position) has it, when the pattern is a direction (the inside of a figure the direction of X and the direction of Y) parallel [ outside neighborhood of the reticle (square) itself ], and in the case of a direction leaning to it, it becomes low. [ expensive ]

[0104]

Therefore, in order to form a highly precise pattern on a wafer, it is preferred to set up a longitudinal direction of a pattern on a reticle in the direction parallel [ reticle outside neighborhood ] of X and the direction of Y like pattern P1 and P2, and, under the present circumstances, a pattern of such a direction is generally used.

[0105]

When the surface uses a wafer which is  $\langle 111 \rangle$  sides like drawing 8 (A), Since the direction of a desirable gate pattern is limited in the three directions in every 120 degrees, A longitudinal direction of a gate pattern which fills simultaneously restrictions of drawing precision of the above-mentioned reticle pattern and restrictions from transistor working speed will be limited only in the direction of the gate pattern G1 parallel to the direction of X in drawing 8 (A).

[0106]

It faces manufacturing a semiconductor device and other electron devices using the projection aligner concerning this embodiment mentioned above. When the projection aligner of this embodiment arranges the pattern directivity which provides high resolution, and the directivity of the pattern which becomes settled from a viewpoint of the above-mentioned transistor working speed and reticle drawing precision, the electron device in which much more high-speed operation is possible can be manufactured.

[0107]

Namely, the silicon wafer (that is, a surface altitude is in agreement with  $[111]$  axes) in which the surface corresponds with the  $\langle 111 \rangle$  sides of a crystal is used, This silicon wafer is laid on the wafer stage (26) of a projection aligner so that  $[-110]$  axis may be in agreement with the short side direction of a projection optical system exposure view (that is, the  $[11-2]$  axis is in agreement with the long side direction of a projection optical system exposure view like), The longitudinal direction of the detailed gate pattern on a reticle is arranged so that it may be in agreement with the long side direction of a projection optical system exposure view, and the polarization direction of the image formation light flux which results on a wafer as mentioned above illuminates by the abbreviated linear polarization of the polarization direction (the direction of an electric field) which is mostly in agreement with the long side direction of a projection optical system exposure view.

[0108]

It becomes possible to carry out exposure transfer of the gate of the direction which was suitable for high-speed operation on the silicon crystal to high degree of accuracy more with more detailed line width by this, and it becomes possible to improve the performance of an electron device substantially.

[0109]

Although the index of the crystal axis under above-mentioned explanation made the vertical upper direction  $[111]$  shaft orientations to the wafer surface and the index of other axes was determined based on this, Even if it writes the direction of other axes as an axis (axis which reversed the mark of the axis which rearranged an order of the index, and a part of indices) equivalent to  $[111]$  axes, such as  $[11-1]$  axis and  $[1-11]$  axis, essence does not change this axis at all. Therefore, they may be other axes as long as it is  $[0-11]$  axis of the silicon wafer surface shown in drawing 8 (A),  $[-110]$  axis, and an axis equivalent to  $[110]$  axes also about  $[-101]$  axis. If it is an axis which intersects perpendicularly with an axis also with an axis equivalent to the  $[110]$  axes which exist in a field equivalent to  $\langle 111 \rangle$  sides which should make the exposure view long side direction of a projection optical system agree (i.e., if it is an axis equivalent to  $[112]$  axes), it cannot be overemphasized that any crystal axis may be sufficient.

[0110]

Since the exposure view long side direction of the projection optical system and the polarization direction of the scanning type exposure device of this embodiment of the illumination light correspond in general, resolution and contrast are excellent about the pattern which has a longitudinal direction in the direction parallel to an exposure view long side direction. To therefore, the silicon wafer whose crystal axes vertical to the surface are  $[111]$  axes. It is suitable especially to form the gate pattern equal in the one direction, and adds, By setting up the crystal orientation of the silicon wafer whose crystal axes vertical to the surface are  $[111]$  axes so that any 1 direction in the axial orientation within an exposure view long side direction,  $[11-2]$  axis, and  $\langle 111 \rangle$  sides equivalent to this may become parallel, As a result of fulfilling the above-mentioned desirable conditions, the electron device in which high-speed operation is possible can be manufactured.

[0111]

It can perform easily coinciding an exposure view long side direction and a predetermined crystal axis of a wafer by the same technique as PURIARAIMENTO which the usual exposure device performs by forming a notch, an orientation flat or identification marking, etc. in the predetermined direction of the periphery of a wafer.

[0112]

There is no necessity that a direction vertical to the surface and [111] axes of a crystal axis of the above-mentioned wafer correspond thoroughly, and if it is less than about 5 times at an angle, an effect of this invention can fully be demonstrated.

[0113]

By the way, if a crystal axis vertical to the surface uses a wafer (it is also henceforth called [110] wafers) which is [110] axes, A wafer (it is also henceforth called [100] wafers) whose crystal axes vertical to the surface currently conventionally used by C-MOS-LSI are [100] axes, Rather than a case where a vertical crystal axis uses a wafer (it is also henceforth called [111] wafers) which is [111] axes on the surface of the above, it becomes possible to raise working speed of a transistor on a wafer further.

[0114]

However, also in this case an electron in a transistor, or the move direction of a hole, Improvement in working speed is attained only about a case where it is made in agreement with shaft orientations equivalent to [-110] axis among the surfaces of a wafer (namely, wafer whose surface is <110> sides of a crystal) whose crystal axes vertical to the surface are [110] axes in general as shown in drawing 9 (A).

[0115]

Therefore, the longitudinal direction of the transistor gate pattern which should be formed on a wafer should be limited in the direction of X in a figure as the pattern G4 shown in drawing 9 (A). In [-110] axis or shaft orientations equivalent to this, in accordance with the direction of Y in a figure, [00-1] axis or shaft orientations of the crystal orientation in the wafer shown in drawing 9 (A) equivalent to this correspond in the direction of X in a figure. The direction of X is a direction which was in agreement with the polarization direction of the main ingredients of polarization (linear polarization) of the illumination light of the exposure device of this embodiment in accordance with the long side direction of the view EXF of the projection optical system of the exposure device of this embodiment.

[0116]

Thus, by arranging [110] wafers to the exposure device of this embodiment in the above-mentioned hand of cut (namely, hand of cut that the [001] axes of the polarization direction of the main ingredients of polarization (linear polarization) of the illumination light and a silicon crystal or an axis equivalent to this becomes parallel), An electron and the move direction of a hole, On a wafer, [110] An electron. And [-110] which is a direction with big mobility of a hole. Or it becomes possible to be more minutely highly precise and to transfer the gate pattern of the transistor (namely, transistor with a longitudinal direction of the gate pattern which intersects perpendicularly with an electron and the move direction of a hole parallel to the [001] axes of a silicon crystal, or an axis equivalent to this) made into a direction equivalent to this.

[0117]

This enables it to manufacture an electron device (C-MOS-LSI) much more more nearly high-speed than before.

[0118]

Drawing 9 (B) is a reticle plan used in this case. The original edition of the pattern which should be transferred is drawn in the pattern area PA. However, since the direction of a desirable gate is limited in the one direction when the surface uses the wafer which is <110> sides like drawing 9 (A), the longitudinal direction of the pattern original edition will also be limited only in the direction of the gate pattern G4 parallel to the direction of X in drawing 9 (A).

[0119]

A semiconductor wafer (silicon wafer) may be distortion silicon proposed these days. Distortion silicon is a wafer surface portion in which C-MOS-LSI is formed, and the crystal structure of a semiconductor has an intentional distortion (elasticity).

[0120]

For example, a silicon germanium crystal with a bigger grating constant than a silicon crystal is formed as a thin film on the surface of a silicon wafer. It is pulled in response to the influence of the grating constant of a lower layer silicon germanium crystal, and the crystalline lattice is expanded and contracted, and when a silicon crystal is again formed as a thin film on it, the silicon layer (surface) of the top layer is distorted. As a result, the electron in the silicon layer (surface) of this top layer and the mobility of a hole can rise, namely, the working speed of a transistor can be improved.

[0121]

Generally, although this distortion is produced in general isotropic in a wafer surface, it is also possible to limit this distortion in the one predetermined direction by a predetermined process. For example, if membrane formation of the above-mentioned silicon germanium film and the silicone film to the upper layer are formed on the [110] sides of a silicon wafer, the distortion direction will also be limited in the about 1 direction.

[0122]

Thus, a surface distortion direction in the wafer limited in the one predetermined direction. Since the electron in the surface or the mobility of a hole also serves as the maximum towards intersecting perpendicularly with the one above-mentioned predetermined direction or this, It becomes possible to improve the working speed of a transistor substantially because the above-mentioned electron within the transistor or the mobility of a hole doubles the formation direction of a transistor in the direction used as the maximum.

[0123]

In this case, as for the longitudinal direction of the gate pattern of a transistor, it is desirable to make it agree in the direction the direction and the mobility of the above-mentioned electron or a hole cross at right angles to the direction used as the maximum, and it is desirable for the longitudinal direction of the gate pattern of all the transistors on a silicon wafer to gather in the one direction.

[0124]

Since a wafer is exposed by the illumination light which includes many linear polarization parallel to the long side direction of the exposure view of the rectangle of a projection optical system in the exposure device of this embodiment, When exposing the above-mentioned un-isotropic distortion silicon wafer by setting up the gate pattern of a transistor in parallel with the long side direction (the 2nd direction) of the exposure view of a projection optical system. Compared with a conventional exposure device and exposure method, line width controllability is better and transfer of a highly precise and detailed gate pattern is attained. namely, the above — at least one [ the electron in the surface of an un-isotropic distortion silicon wafer or ] mobility of a hole with the direction used as the maximum. By the thing which this exposure device supplies and to expose by making the polarization direction (the direction of an

electric field) of the illumination light of linear polarization intersect perpendicularly, and arranging it in general. The homogeneity of the line width of the gate pattern in the electron device to manufacture and line width can be further raised rather than before, and it becomes possible to manufacture an electron device much more more nearly high-speed than adoption of a distortion silicon wafer, and the conventional electron device conjointly.

[0125]

At an above embodiment, although explained as an electron device supposing C-MOS-LSI, it is not limited to such C-MOS-LSI, and it cannot be overemphasized that this invention is what should be adapted also like manufacture of n-MOS, p-MOS, or other devices.

[0126]

It is widely applicable also to the exposure device for the liquid crystals which are not limited to the exposure device for semiconductor device manufactures as a use of an exposure device, for example, carry out exposure transfer of the liquid crystal display element pattern to a square-shaped glass plate, and the exposure device for manufacturing a thin film magnetic head. It is applicable also to the exposure device for manufacturing a micromachine, a DNA chip, a mask, etc.

[0127]

While the exposure device of this embodiment includes the illumination-light study system and projection optical system which comprise two or more lenses in the main part of an exposure device and carries out optical adjustment, It can manufacture by attaching to the main part of an exposure device the reticle stage and wafer stage which consist of many machine parts, connecting wiring and piping, and carrying out comprehensive adjustments (electric adjustment, operation confirming, etc.) further. As for manufacture of an exposure device, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0128]

The step to which a semiconductor device generally performs the function and performance design of a device, The step which makes the reticle based on this design step, the step which makes a wafer from a silicon material, It is manufactured through the step which carries out exposure transfer of the pattern of a reticle to a wafer [ finishing / a resist application ] with an exposure device, and is developed, a device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included), an inspection step, etc.

[0129]

it cannot be overemphasized that this invention is not limited to the embodiment mentioned above, and can be variously boiled within the limits of this invention, and it can change.

[0130]

[Effect of the Invention]

Since this substrate was exposed illuminating above the linear polarization of a polarization direction parallel to the direction which intersects perpendicularly the illumination light (exposing light) which enters into a substrate in the move direction of a mask and a substrate by the illumination light used as the main ingredients according to this invention, Contrast of the projection image about the line pattern prolonged in the direction which meets in the direction which intersects perpendicularly in the move direction concerned can be made high, and high precision transfer of the detailed pattern can be carried out.

[0131]

If the degree of detail of the pattern which carries out exposure transfer may be comparable as the former, the acceptable value of the residual aberration of the radial direction of a projection optical system can be loosened compared with the conventional projection optical system. Since the cost cut of a projection optical system can be especially aimed at by relaxation of a magnification aberration acceptable value, this invention enables it to provide an inexpensive projection aligner.

[0132]

The chromatic aberration correction of a projection optical system remains as it is, and can also ease the spectral band width of a light source. In the case of narrow band-ized laser, relaxation of spectral band width means the simplification of a laser narrow band-ized element, increase of a laser output and extension of a narrow band-ized element life are brought about, and, as for Kougami of the throughput of an exposure device, and running cost \*\*\*\*\* of a narrow band-ized element, reduction of the running cost of an exposure device is attained.

[0133]

It adds to exposing the linear polarization of a polarization direction parallel to the direction which intersects perpendicularly in the move direction of a mask and a substrate using the illumination light used as the main ingredients, Since the direction of patterns, such as a gate pattern which carries out exposure transfer on a substrate, was optimized by the relation with the crystal axis of a substrate, the device in which high-speed operation is possible can be manufactured.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure showing the outline composition of the exposure device concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 2] It is a top view of the reticle of an embodiment of the invention.

[Drawing 3] It is a figure showing the relation between the direction of a pattern of an embodiment of the invention, and a polarization direction, and the case where the direction of a pattern and a polarization direction are parallel is shown.

[Drawing 4] It is a figure showing the relation between the direction of a pattern of an embodiment of the invention, and a polarization direction, and the case where the direction of a pattern and a polarization direction intersect perpendicularly is shown.

[Drawing 5] It is a figure showing the exposure view of an embodiment of the invention.

[Drawing 6] It is a figure showing an example of the composition of the polarization controlling element of an embodiment of the invention.

[Drawing 7] It is a figure showing the suitable lens arrangement at the time of using a fluorite lens for the illumination-light study system of an embodiment of the invention.

[Drawing 8] It is a figure showing the relation of the formation direction of the wafer crystal axis of an embodiment of the invention, and a pattern, and (A) is a top view of a wafer and (B) is a top view of a reticle.

[Drawing 9] It is a figure showing the relation of the formation direction of the wafer crystal axis of an embodiment of the invention, and a pattern, and (A) is a top view of a wafer and (B) is a top view of a reticle.

[Explanations of letters or numerals]

1 — Light source  
5 — A polarization controlling element (adjusting device)  
14 — A field diaphragm (shaping device)  
18 — A reticle (mask)  
19 — A reticle stage (stage device \*\*)  
24 — A projection optical system  
25 — A wafer (induction substrate)  
26 — A wafer stage (stage device)  
31 — An exposure view  
32-34 — A main pattern  
 $I_0 - I_4$  — Illumination light

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure showing the outline composition of the exposure device concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 2] It is a top view of the reticle of an embodiment of the invention.

[Drawing 3] It is a figure showing the relation between the direction of a pattern of an embodiment of the invention, and a polarization direction, and the case where the direction of a pattern and a polarization direction are parallel is shown.

[Drawing 4] It is a figure showing the relation between the direction of a pattern of an embodiment of the invention, and a polarization direction, and the case where the direction of a pattern and a polarization direction intersect perpendicularly is shown.

[Drawing 5] It is a figure showing the exposure view of an embodiment of the invention.

[Drawing 6] It is a figure showing an example of the composition of the polarization controlling element of an embodiment of the invention.

[Drawing 7] It is a figure showing the suitable lens arrangement at the time of using a fluorite lens for the illumination-light study system of an embodiment of the invention.

[Drawing 8] It is a figure showing the relation of the formation direction of the wafer crystal axis of an embodiment of the invention, and a pattern, and (A) is a top view of a wafer and (B) is a top view of a reticle.

[Drawing 9] It is a figure showing the relation of the formation direction of the wafer crystal axis of an embodiment of the invention, and a pattern, and (A) is a top view of a wafer and (B) is a top view of a reticle.

[Explanations of letters or numerals]

1 --- Light source

5 --- Polarization controlling element (adjusting device)

14 --- Field diaphragm (shaping device)

18 --- Reticle (mask)

19 --- Reticle stage (stage device \*\*)

24 --- Projection optical system

25 --- Wafer (induction substrate)

26 --- Wafer stage (stage device)

31 --- Exposure view

32-34 --- Main pattern

I<sub>0</sub> - I<sub>4</sub> --- Illumination light

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

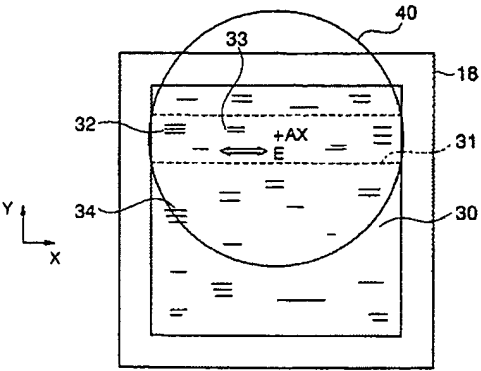
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

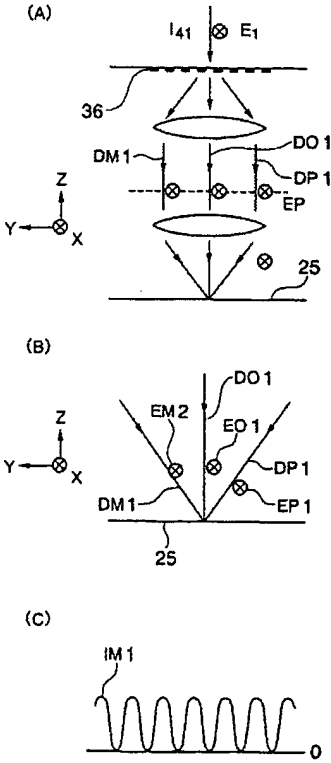
[Drawing 2]

図 2



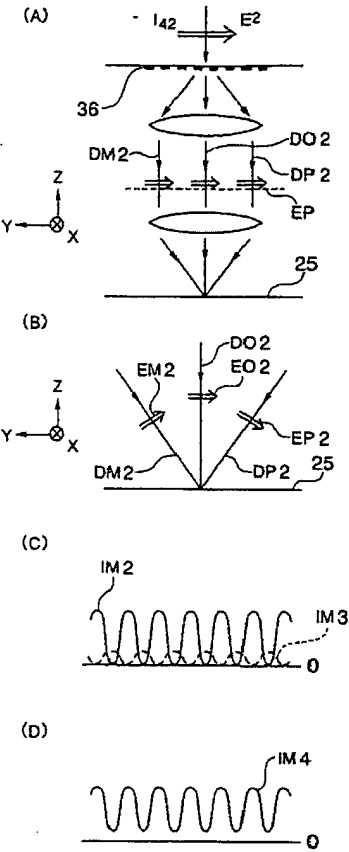
[Drawing 3]

図 3



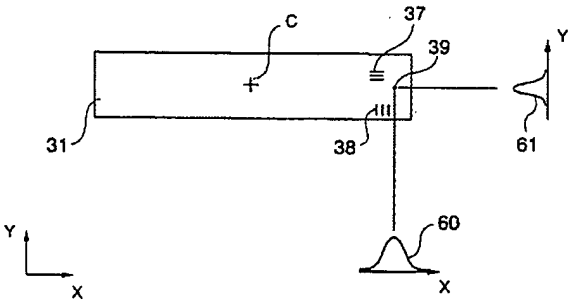
[Drawing 4]

図 4



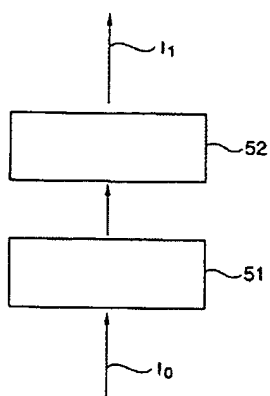
[Drawing 5]

図 5



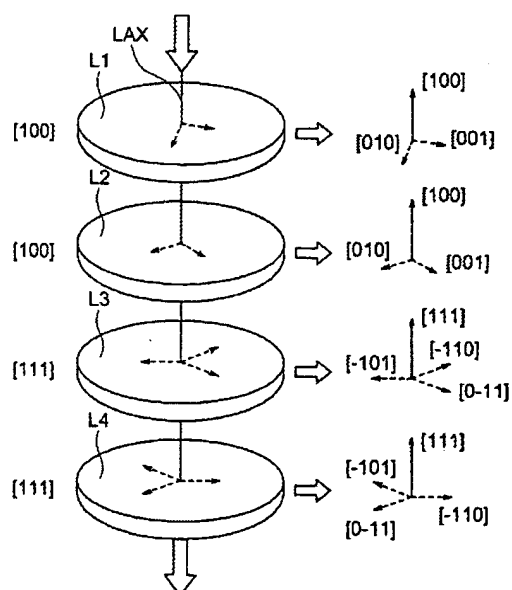
[Drawing 6]

図 6



[Drawing 7]

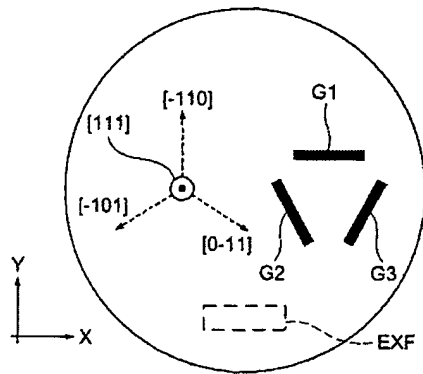
図 7



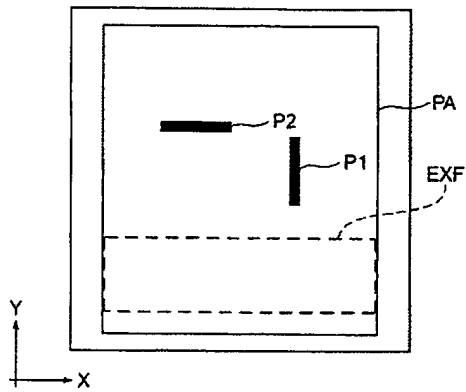
[Drawing 8]

図 8

(A)



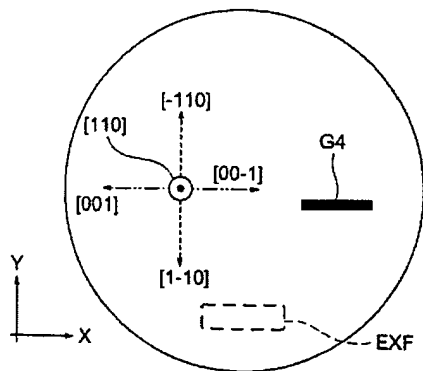
(B)



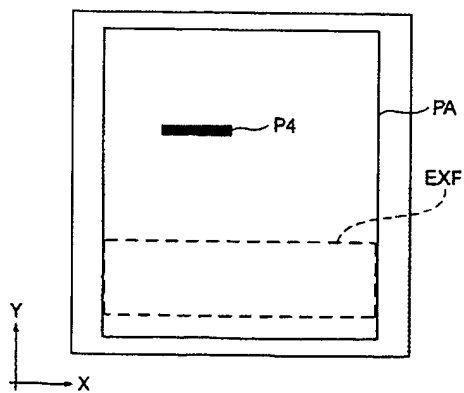
[Drawing 9]

図 9

(A)



(B)



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-179172

(P2004-179172A)

(43) 公開日 平成16年6月24日(2004.6.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>H01L 21/027  
G03F 7/20

F1

H01L 21/30 515D  
G03F 7/20 521

テーマコード(参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2002-314237(P2002-314237)  
 (22) 出願日 平成14年10月29日(2002.10.29)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-186072(P2002-186072)  
 (32) 優先日 平成14年6月26日(2002.6.26)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-285866(P2002-285866)  
 (32) 優先日 平成14年9月30日(2002.9.30)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
 (74) 代理人 100097180  
 弁理士 前田 均  
 (74) 代理人 100099900  
 弁理士 西出 眞吾  
 (74) 代理人 100111419  
 弁理士 大倉 宏一郎  
 (72) 発明者 白石 直正  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内  
 Fターム(参考) 5F046 BA05 CB15 CB25

(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法

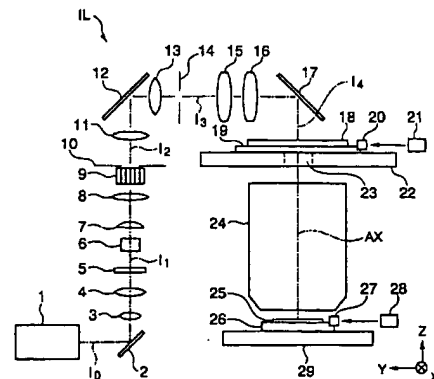
(57) 【要約】

【課題】 微細パターンの高精度転写を実現する。

【解決手段】 光源1及び偏光制御素子5を含む照明光学系1Lにより、X方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とし、該X方向に長手方向を有するスリット状の照明光 $I_4$ が、X方向に延びる主要なラインパターンを含むパターンが形成されたレチクル18に照射される。レチクルステージ19上に保持されたレチクル18と、ウエハステージ26上に保持されたウエハ25は、ステージ19、25によりY方向に沿って移動され、レチクル18のパターンの投影光学系24による投影像がウエハ25上に逐次転写される。

【選択図】 図1

図 1





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する走査型の露光装置において、前記マスクと前記基板とを第 1 方向に沿って相対的に移動するステージ装置と、前記マスクを照明する照明光学系と、前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系とを備えるとともに、前記照明光学系は、前記投影光学系を介して前記基板上に照射される照明光の偏光状態を、前記第 1 方向に直交する第 2 方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とするように、前記マスクを照明することを特徴とする露光装置。

## 【請求項 2】

前記基板上に照射される照明光はその偏光度が 80 % 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

## 【請求項 3】

前記照明光学系は、前記基板に照射される照明光の断面形状を前記第 2 方向に長手方向を有するスリット状に整形する整形装置を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

## 【請求項 4】

前記ステージ装置は、前記マスクに形成されたパターンのうち、ラインパターンの長手方向と前記第 2 方向とが実質的に平行となるように、前記マスクを保持することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記照明光学系は、光源からの光を前記第 2 方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光に調整する調整装置を有することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記照明光学系は、前記投影光学系を介して前記基板に照射される照明光を、前記第 2 方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光とするか、自然光又は円偏光あるいは楕円偏光とするかを選択的に切り替える切り替え機構を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 7】

照明光のもとで、マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して基板上に転写する露光装置において、前記基板上的前記投影光学系の露光視野を、長手方向を有する形状に整形する整形装置と

、前記照明光の偏光方向と前記整形装置との少なくとも一方を調整し、前記基板上的露光視野の長手方向と前記照明光の偏光方向とを互いに平行にする調整装置とを有することを特徴とする露光装置。

## 【請求項 8】

前記マスクを前記照明光で照明する照明光学系を有し、

前記整形装置は、前記照明光学系に設けられることを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

## 【請求項 9】

前記整形装置は、光源からの光を前記基板上的露光視野の長手方向に平行な偏光方向を主成分とする照明光に調整することを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記マスクと前記基板とを第 1 方向に沿って相対的に移動するステージ装置を有し、

前記露光視野の長手方向は、前記第 1 方向に直交する方向であることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記照明光学系は、フッ化物結晶で形成される複数の光学素子を有し、

10

20

30

40

50

前記複数の光学素子は、前記照明光学系の光軸方向に関して、一部の光学素子の結晶軸の種類と、他の光学素子の結晶軸の種類とが異なることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 12】

前記一部の光学素子における前記照明光学系の光軸方向に直交する結晶軸に対して、前記他の光学素子における前記照明光学系の光軸方向に直交する結晶軸が、前記照明光学系の光軸を中心軸として相互に回転して配置されていることを特徴とする請求項 11 に記載の露光装置。

【請求項 13】

パターンが形成されたマスクと基板とを第 1 方向に沿って相対的に移動させつつ、該マスクのパターンを投影光学系を介して該基板上に転写する露光方法であって、  
前記基板上に照射される照明光は、前記第 1 方向に直交する第 2 方向に長手方向を有するスリット状の照明光であるとともに、前記第 2 の方向に平行な直線偏光を主成分とする照明光であることを特徴とする露光方法。 10

【請求項 14】

前記マスクに形成された前記パターンのうち、ラインパターンの長手方向と前記第 2 方向とが実質的に平行となるように設定した状態で露光することを特徴とする請求項 13 に記載の露光方法。

【請求項 15】

前記照明光はその偏光度が 80 % 以上であることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の露光方法。 20

【請求項 16】

照明光のもとで、マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して基板上に転写する露光方法において、  
前記基板上の前記投影光学系の露光視野を、長手方向を有する形状に整形し、  
前記基板上に照射される照明光の偏光方向を前記基板上の露光視野の長手方向と平行にして、前記マスクのパターンの像を前記基板上に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項 17】

前記マスクに形成された前記パターンのうち、ラインパターンの長手方向と前記露光視野の長手方向とが実質的に平行となるように設定した状態で露光することを特徴とする請求項 16 に記載の露光方法。 30

【請求項 18】

前記マスクと前記基板とを第 1 方向に沿って相対的に移動させた状態で露光する際に、前記露光視野の長手方向は、前記第 1 方向に直交することを特徴とする請求項 16 又は 17 に記載の露光方法。

【請求項 19】

請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の露光装置を用いたデバイス製造方法であって、  
前記基板として、その表面に垂直な方向が [111] 結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、前記 [111] 結晶軸と直交する [11-2] 結晶軸またはこれと等価な結晶軸を、前記第 2 方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイスの製造方法。 40

【請求項 20】

前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記 [11-2] 結晶軸、またはこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光することを特徴とする請求項 19 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 21】

請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の露光装置を用いたデバイス製造方法であって、  
前記基板として、その表面に垂直な方向が [110] 結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、

前記 [110] 結晶軸と直交する [00-1] 結晶軸又はこれと等価な結晶軸を、前記第 50

2 方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 2 2】

前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記〔0 0 - 1〕結晶軸又はこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光転写することを特徴とする請求項 2 1 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 2 3】

請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一項に記載の露光装置を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面層の半導体結晶構造が少なくとも所定の 1 方向に歪んだ半導体ウエハを用い、

前記表面層中の電子又はホールは少なくとも一方の移動度が最大となる方向を前記第 1 方向又は前記露光視野の長手方向に直交する方向に一致させた状態で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 2 4】

前記表面層はシリコン結晶層であることを特徴とする請求項 2 3 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 2 5】

請求項 1 3 ～ 1 8 のいずれか一項に記載の露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面に垂直な方向が〔1 1 1〕結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、

前記〔1 1 1〕結晶軸と直交する〔1 1 - 2〕結晶軸またはこれと等価な結晶軸を、前記第 2 方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 2 6】

前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記〔1 1 - 2〕結晶軸またはこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光転写することを特徴とする請求項 2 5 に記載のデバイスの製造方法。

【請求項 2 7】

請求項 1 3 ～ 1 8 のいずれか一項に記載の露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面に垂直な方向が〔1 1 0〕結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、

前記〔1 1 0〕結晶軸と直交する〔0 0 - 1〕結晶軸又はこれと等価な結晶軸を、前記第 2 方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 2 8】

前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記〔0 0 - 1〕結晶軸又はこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光転写することを特徴とする請求項 2 7 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 2 9】

請求項 1 3 ～ 1 8 のいずれか一項に記載の露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面層の半導体結晶構造が少なくとも所定の 1 方向に歪んだ半導体ウエハを用い、

前記表面層中の電子又はホールは少なくとも一方の移動度が最大となる方向を前記第 1 方向又は前記露光視野の長手方向に直交する方向に一致させた状態で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 3 0】

前記表面層はシリコン結晶層であることを特徴とする請求項 2 9 に記載のデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

10

20

30

40

50

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイス、又はフォトマスク等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に使用される露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体集積回路、液晶ディスプレイ等の電子デバイスの微細パターンの形成に際しては、形成すべきパターンを4～5倍程度に比例拡大して描画した、レチクル（マスクとも呼ぶ）のパターンを、投影露光装置を用いて、ウエハ等の被露光基板上に縮小露光転写する方法が用いられている。

10

## 【0003】

転写に使用する投影露光装置は、半導体集積回路の微細化に対応するために、その露光波長を、より短波長側にシフトしてきた。現在、その波長はKrFエキシマレーザーの248nmが主流となっているが、より短波長のArFエキシマレーザーの193nmも実用化段階に入りつつある。そして、さらに短波長の波長の波長157nmのF<sub>2</sub>レーザーや、波長126nmのAr<sub>2</sub>レーザー等の、いわゆる真空紫外域と呼ばれる波長帯の光源を使用する投影露光装置の提案も行なわれている。

## 【0004】

また、短波長化のみでなく、光学系の大開口数（NA）化によっても高解像度化は可能であるので、光学系のより一層の大NA化開発もなされている。なお、高解像度の実現には、投影光学系の収差の低減が必要である。従って、投影光学系の製造工程では、光の干渉を利用した波面収差計測を行ない、残収収差量を露光波長の1/1000程度の精度で計測し、その計測値に基づいて投影光学系の調整を行なっている。

20

## 【0005】

このような大NA化や低収差化は、視野が小さい光学系で実現が容易である。但し、露光装置としては、視野（露光フィールド）が大きいほど、処理能力（スループット）が向上する。そこで、小視野ではあるが大NAの投影光学系を用いて、なおかつ実質的に大きな露光フィールドを得るために、露光中に、マスクとウエハを、その結像関係を維持したまま相対走査するスキャン型露光装置が最近の主流となっている。

## 【0006】

スキャン型露光装置に使用される投影光学系は、一般的に一方方向に長く、それと直交する方向に短かい長方形型の良像範囲（露光視野）を有する。このような光学系には、反射光学系が使用される場合もあるが、屈折光学系を使用することが一般的である。この場合、上記長方形の露光視野は、円形のレンズの組み合わせからなる屈折光学系の本来の良像範囲である円形から、その円の中心を通る直径を含み、かつその円に内接する長方形とするのが一般的である。その理由は、このような長方形視野が、視野の長辺の長さを最大にでき、最も効率が良いからである。

30

## 【0007】

ただし、投影光学系として反射屈折光学系を採用する場合には、投影光学系の良像範囲が円形となるとは限らないので、露光視野も円の直径を含む長方形となるとは限らず、円の中心から偏心した位置を中心とする長方形となる場合もある。

40

## 【0008】

相対走査（スキャン）を行なう方向は、この長辺方向と直交する方向である。従って、長方形短辺方向の投影光学系の視野は、この相対走査によって拡大されるので、短辺方向の視野の狭さが問題となることはない。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記のように、スキャン型露光装置で露光される露光エリアは、一方方向については投影光学系の視野によって得られるものであり、その位置に応じて投影光学系の結像性能も変化するため、パターンの転写特性も変化する。

50

## 【0010】

一方、それと直交する方向については、レチクルとウエハの相対走査（スキャン）によって拡大された方向であり、投影光学系の結像性能は、その方向について一様である。

## 【0011】

ところで、一般的に光学系には、その結像特性を劣化させる収差が残存する。投影露光装置用の投影光学系では、他の用途の光学系に比べ残存収差が極めて小さいが、ある程度の収差が残存することは避けられない。

## 【0012】

これらの残存収差には、転写像を投影光学系光軸から周辺への放射方向にボカす成分（放射方向成分）と、投影光学系光軸を中心とする同心円方向にボカす成分（同心円方向成分）とがあるが、一般的にはこのうち放射方向成分の方が大きい。

10

## 【0013】

放射方向成分の収差は、コマ収差や倍率の色収差である。コマ収差は、設計上も製造誤差の点からもその補正が難しく、これを完全に無くすることは困難である。倍率色収差の補正には、レンズの2次スペクトル補正のための高価なレンズ材料が大量に必要であり、その完全な補正によりレンズ価格が極めて上昇してしまう。一方、光源であるレーザー（エキシマレーザー等）の波長幅を狭くすること（狭帯化）で、色収差の影響を低減することも可能ではあるが、レーザーの狭帯化によりその出力は低下し、従ってウエハ面上での露光光強度が低下してしまう。従って、照明時間を長くする必要がある等、露光装置の処理能力（スループット）が低下し、その生産性が低下してしまうことになる。また、レーザー狭帯化に必要な光学素子にも寿命があるため、その定期的な交換が必要になりレーザーのランニングコストが上昇してしまう。

20

## 【0014】

本発明は、このような課題に対してなされたものであり、基板上に転写すべきパターンのうち重要なパターンについての高精度転写を可能とするとともに、倍率色収差や一部のコマ収差等の同心円方向成分の収差が残存する光学系を使用しても、従来と同等かそれ以上に微細なパターンの転写を可能とする露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法の実現を目的とする。

## 【0015】

## 【課題を解決するための手段】

30

以下、この項に示す説明では、本発明を、実施形態を表す図面に示す参照符号に対応付けて説明するが、本発明の各構成要件は、これら参照符号を付した図面に示すものに限定されない。

## 【0016】

上述した課題を解決するため、本発明の第1の観点によると、マスク（18）に形成されたパターンの像を基板（25）上に転写する走査型の露光装置において、前記マスクと前記基板とを第1方向（Y方向）に沿って相対的に移動するステージ装置（19、26）と、前記マスクを照明する照明光学系（11）と、前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系（24）とを備え、かつ前記照明光学系は、前記投影光学系を介して前記基板上に照射される照明光の偏光状態を、前記第1方向に直交する第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とするように、前記マスクを照明する機能を有する露光装置が提供される。ここで、「直線偏光を主成分とする」とは、当該照明光が当該直線偏光のみを成分とする完全偏光、又は自然光若しくは他の偏光をも含む部分偏光をいう。当該照明光が部分偏光である場合の偏光度としては、80%以上とすることが望ましい。「偏光度」とは、当該部分偏光の全エネルギーに占める当該直線偏光のエネルギーの割合をいう。また、「偏光方向」とは、光の電場ベクトルの方向をいう。

40

## 【0017】

本発明によると、マスクのパターンが基板に転写される際に、基板に照射される照明光（露光光）の偏光状態が、移動方向としての第1方向に直交する第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする偏光状態として、マスクのパターンを基板に露光転写するよう

50

にしたので、マスクに形成されたパターンのうち、当該第2方向に沿う方向に延びるラインパターンについての投影像のコントラストを高くすることができ、微細なパターンの高精度転写が可能となる。

【0018】

本発明において、前記照明光学系（11）は、前記基板上に照射される照明光の断面形状を前記第2方向に長手方向を有するスリット状（長方形状、短冊状）に整形する整形装置（14）を有することができる。これにより、投影光学系の残存収差による歪影響を緩和することができ、さらに高精度転写が可能となる。なお、前記マスクと前記基板は結像関係にある（すなわちマスクのパターンが投影される）ので、前記基板上において照明光の断面形状をスリット状にすることは、前記マスク（18）に照射する照明光（ $I_4$ ）の断面形状をスリット形状とすることによって実現できる。

10

【0019】

これらの場合において、前記ステージ装置（19、26）は、前記マスク（18）に形成されたパターンのうち、ラインパターン（32～34）の長手方向と前記第2方向（X方向）とが実質的に平行となるように、前記マスクを保持することができ、前記ラインパターンが互いに異なる方向（例えば、互いに直交する方向）に2種類以上ある場合には、当該ラインパターンのうち、特に高精度転写を行うべき主要なラインパターンの長手方向と前記第2方向とが実質的に平行となるように、前記マスクを保持することが望ましい。上述したように、第2方向に沿う方向に延びるラインパターンについての露光精度を高くすることができるので、主要なラインパターンを該第2方向に沿うように積極的に設定することにより、当該主要なラインパターンの露光精度を高くすることができる。

20

【0020】

本発明において、前記照明光学系（11）は光源（1）から供給された光（ $I_0$ ）を、前記投影光学系（24）を介して、前記第2方向（X方向）に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光として前記基板（25）上に照明するための調整装置（5）を有することができる。照明光学系（11）に光を供給する光源（1）が、特定の方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする光を射出する場合には、前記調整装置（5）としては、前記基板（25）に照射される照明光の当該直線偏光の偏光方向が、前記第2方向に沿うようにその偏光面を回転する偏光回転装置（たとえば2分の1波長板）を用いる。但し、そのような調整装置（5）を用いずに、該光源（1）と該照明光学系（11）との光学系位置関係を適宜設定して、前記第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光を、該投影光学系を介して該基板に照射するようにしても良い。また、照明光学系（11）に光を供給する光源（1）が、自然光その他の偏光（円偏光、楕円偏光）を射出する場合には、前記調整装置（5）として、該光源からの光を前記第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光に調整する直線偏光装置（例えば、直線偏光子、4分の1波長板）を用いる。

30

【0021】

本発明において、前記照明光学系（11）は、前記投影光学系（24）を介して前記基板（25）に照射される照明光を、前記第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光とするか、自然光又は円偏光あるいは楕円偏光とするかを選択的に切り替える切り替え機構を有することができる。これにより、露光転写するパターンの内容に応じて、適宜な照明光を選択することができる。

40

【0022】

上述した課題を解決するため、本発明の第2の観点によると、照明光（ $I_4$ ）のもとで、マスク（18）に形成されたパターンの像を投影光学系（24）を介して基板（25）上に転写する露光装置において、前記投影光学系（24）の露光視野を、長手方向を有する形状に整形する整形装置（14）と、前記照明光（ $I_4$ ）の偏光方向と前記整形装置（14）との少なくとも一方を調整し、前記基板上における前記投影光学系の露光視野の長手方向と、前記基板に照射される前記照明光の偏光方向を、互いに平行にする調整装置（5）とを備えた露光装置が提供される。

50

## 【0023】

本発明の露光装置は、前記マスクを前記照明（ $I_4$ ）光で照明する照明光学系（ $IL$ ）を備え、前記整形装置（14）は、前記照明光学系（ $IL$ ）に設けられるようにすることができる。

## 【0024】

また、本発明において、前記調整装置（5）は、光源からの光を前記基板上において、前記投影光学系の前記露光視野の長手方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光に調整することができる。

## 【0025】

また、本発明の露光装置は、前記マスク（18）と前記基板（25）とを第1方向（ $Y$ 方向）に沿って相対的に移動するステージ装置（19、26）を有し、前記露光視野の長手方向は、前記第1方向に直交する方向（ $X$ 方向）であるようにすることができる。

10

## 【0026】

本発明の第3の観点によると、本発明の第1又は第2の観点に係る露光装置において、前記照明光学系は、フッ化物結晶で形成される複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子は、前記照明光学系の光軸方向に関して、一部の光学素子の結晶軸の種類と、他の光学素子の結晶軸の種類とが異なることを特徴とする露光装置が提供される。

## 【0027】

この場合において、前記一部の光学素子における前記照明光学系の光軸方向に直交する結晶軸に対して、前記他の光学素子における前記照明光学系の光軸方向に直交する結晶軸が、前記照明光学系の光軸を中心軸として相互に回転して配置するようにできる。

20

## 【0028】

なお、「一部の光学素子の結晶軸の種類と、他の光学素子の結晶軸の種類とが異なる」とは、当該一部の光学素子の照明光学系光軸方向の結晶軸が例えば $[111]$ 結晶軸である場合に、当該他の一部の光学素子の照明光学系光軸方向の結晶軸が $[111]$ 結晶軸以外の結晶軸（例えば $[100]$ 結晶軸）であることをいう。

## 【0029】

複数の光学素子を上記のように所定の関係で配置することにより、該光学素子が有する複屈折性を補正ないし相殺することができ、当該複屈折性による照明光の偏光方向や偏光状態に対する悪影響を小さくすることができる。

30

## 【0030】

上述した課題を解決するため、本発明の第4の観点によると、パターンが形成されたマスク（18）と基板（25）とを第1方向（ $Y$ 方向）に沿って相対的に移動させつつ、該マスクのパターンを投影光学系を介して該基板上に転写する露光方法において、前記基板上に照射される照明光が、前記第1方向に直交する第2方向に長手方向を有するスリット状の照明光であるとともに、前記第2方向に平行な直線偏光を主成分とする照明光であるようにした露光方法が提供される。この場合において、前記マスクに形成された前記パターンのうち、ラインパターンの長手方向と前記第2方向とが実質的に平行となるように設定することが望ましい。

## 【0031】

ここで、「直線偏光を主成分とする照明光」とは、当該照明光が当該直線偏光のみを成分とする完全偏光、又は自然光若しくは他の偏光をも含む部分偏光をいう。当該照明光が部分偏光である場合の偏光度としては、80%以上とすることが望ましい。「偏光度」とは、当該部分偏光の全エネルギーに占める当該直線偏光のエネルギーの割合をいう。また、「偏光方向」とは、光の電場ベクトルの方向をいう。

40

## 【0032】

本発明によると、移動方向としての第1方向に直交する第2方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とし、該第2方向に長手方向を有するスリット状の照明光を用いて露光するようにしたので、マスクに形成されたパターンのうち、当該第2方向に沿う方向に延びるラインパターンについての投影像のコントラストを高くすることができるとともに、マス

50

クのパターンを基板上に投影する投影光学系の収差による歪影響を緩和することができ、微細なパターンの高精度転写が可能となる。

【0033】

上述した課題を解決するため、本発明の第5の観点によると、照明光( $I_4$ )のもとで、マスク(18)に形成されたパターンの像を投影光学系(24)を介して基板(25)上に転写する露光装置において、前記投影光学系(24)の露光視野を、長手方向を有する形状に整形し、前記照明光( $I_4$ )の偏光方向を前記露光視野の長手方向と平行にして、前記マスクのパターンの像を前記基板上に転写することを特徴とする露光方法が提供される。

【0034】

本発明において、前記マスクに形成された前記パターンのうち、ラインパターンの長手方向と前記露光視野の長手方向とが実質的に平行となるように設定した状態で露光するようにすることができる。

【0035】

また、本発明において、前記マスク(18)と前記基板(25)とを第1方向(Y方向)に沿って相対的に移動させた状態で露光する際に、前記露光視野の長手方向は、前記第1方向に直交するようにできる。

【0036】

本発明の第6の観点によると、前記本発明の第1、第3若しくは第3の観点に係る露光装置、又は前記本発明の第4若しくは第5の観点に係る露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面に垂直な方向が $[111]$ 結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、前記 $[111]$ 結晶軸と直交する $[11-2]$ 結晶軸またはこれと等価な結晶軸を、前記第2方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイスの製造方法が提供される。この場合において、前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記 $[11-2]$ 結晶軸、またはこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光転写するようにできる。より高速動作が可能な半導体デバイス、その他の電子デバイス等を製造することができるようになる。

【0037】

本発明の第7の観点によると、前記本発明の第1、第2若しくは第3の観点に係る露光装置、又は前記本発明の第4若しくは第5の観点に係る露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面に垂直な方向が $[110]$ 結晶軸にほぼ一致するシリコン結晶基板を用い、前記 $[110]$ 結晶軸と直交する $[00-1]$ 結晶軸又はこれと等価な結晶軸を、前記第2方向又は前記露光視野の長手方向に一致させた状態で前記照明光で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法が提供される。この場合において、前記マスクに形成されたゲートパターンを、前記 $[00-1]$ 結晶軸又はこれと等価な結晶軸と実質的に平行となるように、前記基板上に露光転写するようにできる。より高速動作が可能な半導体デバイス、その他の電子デバイス等を製造することができるようになる。

【0038】

本発明の第8の観点によると、前記本発明の第1、第2若しくは第3の観点に係る露光装置、又は前記本発明の第4若しくは第5の観点に係る露光方法を用いたデバイス製造方法であって、前記基板として、その表面層の半導体結晶構造が少なくとも所定の1方向に歪んだ半導体ウエハを用い、前記表面層中の電子又はホールの少なくとも一方の移動度が最大となる方向を前記第1方向又は前記露光視野の長手方向に直交する方向に一致させた状態で前記基板を露光することを特徴とするデバイス製造方法が提供される。この場合において、前記表面層としてシリコン結晶層が有する半導体ウエハを用いることができる。より高速動作が可能な半導体デバイス、その他の電子デバイス等を製造することができるようになる。

【0039】



なお、本願明細書中において、「結晶軸と等価な結晶軸」とは、ある結晶軸に対して、当該結晶軸の指数の順序を入れ替えた結晶軸と、さらにそれらの各指数の少なくとも一部についての符号を反転した結晶軸であり、例えばある結晶軸が $[abc]$ 結晶軸である場合は、 $[acb]$ 、 $[bac]$ 、 $[bca]$ 、 $[cab]$ 、 $[cba]$ 、 $[-abc]$ 、 $[-acb]$ 、 $[-bac]$ 、 $[-bca]$ 、 $[-cab]$ 、 $[-cba]$ 、 $[a-bc]$ 、 $[a-cb]$ 、 $[b-ac]$ 、 $[b-ca]$ 、 $[c-ab]$ 、 $[c-ba]$ 、 $[ab-c]$ 、 $[ac-b]$ 、 $[ba-c]$ 、 $[bc-a]$ 、 $[ca-b]$ 、 $[cb-a]$ 、 $[-a-bc]$ 、 $[-a-cb]$ 、 $[-b-ac]$ 、 $[-b-ca]$ 、 $[-c-ab]$ 、 $[-c-ba]$ 、 $[a-b-c]$ 、 $[a-c-b]$ 、 $[b-a-c]$ 、 $[b-c-a]$ 、 $[c-a-b]$ 、 $[c-b-a]$ 、 $[-a-b-c]$ 、 $[-a-c-b]$ 、 $[-b-a-c]$ 、 $[-b-c-a]$ 、 $[-c-a-b]$ 、 $[-c-b-a]$ が等価な結晶軸である。

【0040】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【0041】

図1は、本発明の実施の形態に係る露光装置の概略構成を示す図であり、この露光装置は、ステップ・アンド・スキャン型（走査型）の投影露光装置である。尚、以下の説明においては、図1中に示されたXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ説明する。XYZ直交座標系は、Y軸及びZ軸が紙面に対して平行となるよう設定され、X軸が紙面に対して垂直となる方向に設定されている。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。Y軸に沿う方向がスキャン（走査）方向である。

【0042】

この実施の形態に係るスキャン型投影露光装置は、光源1、照明光学系1L、投影光学系24、並びにレチクルステージ19及びウエハステージ26を有するステージ装置等を備えて構成されている。

【0043】

転写すべきパターンが形成されたレチクル（マスク）18は、レチクル定盤22上に載置されたレチクルステージ19上に吸着保持され、レチクルステージ19によってレチクル定盤22上を図中Y方向に走査可能になっている。レチクルステージ19上には、レチクル側移動鏡20が設けられており、レチクル側移動鏡20に対向してレチクル側レーザー干渉計21が配置されている。レチクル側レーザー干渉系21による計測値は、不図示のステージ制御装置に供給され、該ステージ制御装置により、レチクルステージ19の動作が制御される。

【0044】

レチクルステージ19に吸着保持されたレチクル18には、照明光学系1Lにより照明光 $I_4$ が照射される。レチクル定盤22には、照明光 $I_4$ が通過するための開口部23が形成されており、レチクル18を透過した照明光（回折光）は、開口部23を通過し投影光学系24に入射する。そして投影光学系24の結像作用により、被露光基板としての半導体ウエハ（感応基板）25上にレチクル18上のパターンの投影像が形成される。この投影像は、ウエハ25の表面に塗布されたフォトリソistを感光し、レチクルパターンはウエハ25表面に転写される。

【0045】

ウエハ25は、ウエハ定盤29に載置されるウエハステージ26に吸着保持され、ウエハステージ26によってウエハ定盤29上を、図中Y方向に走査可能になっている。ウエハステージ26上には、ウエハ側移動鏡27が設けられており、ウエハ側移動鏡27に対向してウエハ側レーザー干渉計28が配置されている。ウエハ側レーザー干渉系28による計測値は、前記ステージ制御装置に供給され、該ステージ制御装置により、レチクルステージ19の移動に対してウエハステージ26が同期的に移動するようにその動作が制御される。なお、ウエハステージ26はY方向に沿う走査に加えて、X方向及びZ方向について

ステップ移動することができるようになっており、ウエハ25上の全面に設定された複数のショット領域にレチクルパターンの投影像をそれぞれ転写するために、ウエハ25をX-Y方向に順次ステップ移動させつつ、Y方向への走査（スキャン）露光を繰り返す行方ようになってい

【0046】

Krf（クリプトンフッ素）エキシマレーザー（波長248nm）、ArF（アルゴンフッ素）エキシマレーザー（波長193nm）、F<sub>2</sub>（フッ素分子）レーザー（波長157nm）等の光源1から射出された照明光I<sub>0</sub>は、照明光学系11に供給される。

【0047】

照明光学系11の構成は以下の通りである。光源1から供給された照明光I<sub>0</sub>は、偏光ミラー2及び整形光学系3、4により導かれ、偏光制御素子（調整装置）5に入射する。偏光制御素子5の詳細については後述する。

【0048】

偏光制御素子5を通過した照明光I<sub>1</sub>は、フライアイレンズや回折格子等の第1の照度均一化部材6に入射する。第1の照度均一化部材6を射出した光束は、リレーレンズ7、8を経て、フライアイレンズ等の第2の照度均一化部材9に入射する。照度均一化部材9の射出側面には、照明開口絞り（σ絞り）10が設けられている。照明開口絞り10としては、半径が可変な円形絞り（虹彩絞り）、輪帯形状の絞り、複数の開口部を有する変形照明絞り等を使用することができ、これらは回転可能なレボルバ上に配置され、該レボルバが適宜に回転・位置決めされることにより、選択的に配置することができるようになってい

【0049】

照明開口絞り10を射出した光束は、リレーレンズ11、折り曲げミラー12、リレーレンズ13を経て視野絞り14に至る。視野絞り14（整形装置）は、レチクル18上の照明視野を制限する装置ないし部材である。

【0050】

本露光装置はスキャン型露光装置であり、露光に際してレチクル18及びウエハ25がY方向にスキャンするので、レチクル18上での照明視野は、図中X方向に長くY方向に短いスリット形状（ここでは、長方形）とする。このため、視野絞り14の形状は、折り曲げミラー17の反射特性を考慮して、図中X方向に長くZ方向に短い長方形となっている。なお、スリットの幅を調整するため、視野絞り14のZ方向の両端を規定する絞りは、それぞれZ方向に移動可能な構成とする一層好ましい。X方向についても同様である。視野絞り14を透過した光束は、リレーレンズ15、16と折り曲げ折り曲げミラー17を経て、レチクル18に照射される。

【0051】

偏光制御素子5は、照明光I<sub>0</sub>の偏光状態を制御するための光学素子であり、その偏光状態を所定の状態に設定する。所定の状態とは、レチクル18上に照射される照明光が概ね直線偏光であり、その偏光方向（光の電場ベクトルの方向）が図中X方向になる状態である。図1に示した装置では、偏光制御素子5の射出位置での偏光方向もX方向になるように設定することになる。

【0052】

通常の投影光学系は、その内部に照明光（露光光）の偏光方向を変化させるような部材（波長板や偏光ビームスプリッター）を含まないので、上記の様にレチクル18上照射される照明光の偏光状態を、図中X方向（すなわち投影光学系視野の長手方向）と平行にすれば（一致させれば）、マスクおよび投影光学系を介してウエハに照射される照明光（露光光）の偏光状態も、投影光学系視野の長手方向と概ね平行になる。従って、以下の説明は、レチクルに照射される照明光の偏光状態と、ウエハに照射される照明光（結像光）の偏光状態とは、等価であることを前提として行なう。

【0053】

上述のエキシマレーザー光源やフッ素レーザー光源では、その射出光（照明光I<sub>0</sub>）が概

10

20

30

40

50

ね直線偏光になる。そこで、この直線偏光の偏光方向を上記所定の方角に一致させるために、例えば、水晶（二酸化珪素結晶）やフッ化マグネシウム結晶等の複屈折性を有する光学材料よりなる1/2波長板を、所定の方角で挿入する。なお、光源1と照明光学系11との光学的な相対位置関係において、光源1から照明光学系11に供給される照明光 $I_0$ の偏光方向がはじめから上記所定の方角（X方向）と一致している場合には、あえてこのような偏光制御素子5を設けなくても良い。

#### 【0054】

なお、光源1が、ランパやランダム偏光レーザの様に直線偏光以外の光束を発する場合に、偏光制御素子5として、上記所定の方角の直線偏光のみを透過する偏光フィルターや偏光ビームスプリッタを使用する。

10

#### 【0055】

ここで、レチクル18に照射する照明光は、完全な直線偏光である必要は必ずしもなく、照明光強度の大部分（例えば、80%程度以上）を所定の直線偏光とすれば、本発明の効果は発揮できる。従って、上記偏光フィルターや偏光ビームスプリッタを用いる場合には、その偏光選択比は、80%程度以上であれば十分である。また、狭帯化を行なわないフッ素レーザを光源とする場合には、照明光 $I_0$ は、ある程度の直線偏光になり、それと直交する直線偏光も含まれるが、同様の理由により、その照明光に対してそれ以上の直線偏光化を行なわなくても良い。

#### 【0056】

図2はレチクルステージ19上に載置された状態におけるレチクルの一例を示す平面図である。図2に示すように、レチクル18のパターンエリア30内には主要なラインパターンとして、パターン32、33、34が描画されている。これらのパターン32、33、34は、例えば、トランジスタゲート等の線幅自体が細く、要求される線幅均一性が厳格なパターン、即ち高精度転写が必要なパターンであり、特定の方向に沿って形成されている。パターンエリア30内には他のパターン（図示省略）も描画されており、当該他のパターンは、例えば、該トランジスタゲートの端部に設けられる配線パターン、トランジスタゲートであっても動作速度が遅くてもよいパターン等の比較的に線幅が太く、線幅均一性が緩いパターンであり、パターン32、33、34とは異なる方向に沿って形成されている。

20

#### 【0057】

本実施の形態では、図2に示されているように、レチクル18を、その主要なパターン32、33、34の延びている方向がX方向に略平行となるようにレチクルステージ19上に吸着保持せしめている。すなわち、転写すべきパターンのうち、その線幅が微細でかつその線幅均一性が非常に重要になるパターン32、33、34について、その方向をX方向に設定している。

30

#### 【0058】

図2において、パターンエリア30中の破線で示した領域31は、投影光学系24の露光視野に相当する領域であり、投影光学系24の良像範囲40に内接するとともに、その中心は投影光学系24の光軸AXに一致している。但し、投影光学系24の露光視野は投影光学系24の良像範囲40に対して偏心して設定される場合があり、この場合には、露光視野の中心と、投影光学系24の光軸AXとは一致しない。照明光学系11によりレチクル18に照射される照明光 $I_4$ は、この領域に照射される。この照明光 $I_4$ の偏光状態は、図中に記号Eで示した通りX方向に偏光方向を有する直線偏光を主成分とする。

40

#### 【0059】

露光に際して、レチクル18及びウエハ25はその結像関係を保ったままY方向に相対走査（スキャン）されるので、図2の状態では露光視野31内にはないパターン（パターン34等）もこの走査により順次露光視野31内に入り、ウエハ25に転写される。

#### 【0060】

次に、本発明の特徴の一つであるパターン方向と露光視野長辺方向の関係及び照明光偏光方向の関係について説明する。

50

## 【0061】

図3(A)～(C)及び図4(A)～(D)は、パターン方向と偏光方向の関係を示すための図であり、図3(A)及び図4(A)は、図中X方向に伸びるパターン36に、それぞれ偏光方向 $E_1$ がX方向に一致する直線偏光 $I_{41}$ と、偏光方向 $E_2$ がY方向に一致する直線偏光 $I_{42}$ とが照射される場合を表わしている。

## 【0062】

X方向に伸びるパターン36に回折された照明光 $I_{41}$ 、 $I_{42}$ は、それぞれ+Y及び-Y方向に回折光を発生させる。これらの回折光は、図3(A)では、0次回折光D01、-1次回折光DM1、+1次回折光DP1で示され、図4(A)では、0次回折光D02、-1次回折光DM2、+1次回折光DP2で示されている。各回折光の偏光状態は、各照明光 $I_{41}$ 、 $I_{42}$ の偏光状態が保存されるので、投影光学系24の瞳面EP上において、図3(A)中の回折光D01、DM1、DP1はX方向の直線偏光になり、図4(A)中の回折光D02、DM2、DP2はY方向の直線偏光になる。

## 【0063】

このような回折光(上述のようにX方向に伸びるパターン(X方向のパターン)からのY方向に広がった回折光)は、投影光学系24の結像作用により、瞳面EPを通過後に、その進行方向が再びY方向に屈折され、ウエハ25上で再び集光して、ここにパターン36の像である干渉縞が形成される。そして、この干渉縞がウエハ25に照射(照明)され、ウエハ表面に塗布されたフォトリソスト上に像が記録される。

## 【0064】

上記光束の屈折に併せて、その偏光方向が光束の進行方向と直交する方向に回転する。これは電場方向が常に光の進行方向と直交するという光の物理法則に従うものである。

## 【0065】

図4(A)中の回折光DM2、DP2は瞳面EP上ではY方向の直線偏光であるが、その偏光方向は回折光DM2、DP2の屈折に応じて変化する。図4(B)は、図4(A)のウエハ25付近の拡大図であり、回折光DM2、DP2の偏光方向は、各光束の進行方向に直交する方向となり、Y方向からは、ずれている。但し、回折光D02の進行方向は-X方向であるため偏光方向はY方向のまま維持されている。

## 【0066】

このような光束による干渉縞(像)の強度分布は、各偏光(電場)のY方向成分の和の自乗(エネルギー)(図4(C)中の実線で示す強度分布IM2)と、各偏光(電場)のZ方向成分の和の自乗(エネルギー)(図4(C)中の破線で示す強度分布IM3)との和であり(X成分の和は0である)、図4(D)の強度分布IM4となる。しかしこのとき、回折光DM2、DP2の電場のZ方向成分は両偏光の角度の関係から両者の符号が反転するため、その強度分布IM3は、電場のY方向成分が形成した像の強度分布IM2とは位相がずれ、そのコントラストを低下させてしまう。

## 【0067】

従って、図4(A)に示したように、X方向のパターンを偏光方向がY方向である直線偏光で照明すると、ウエハ上に照射される照明光(各回折光)の偏光方向が互いに平行でないために、その投影像のコントラストが低下してしまい、微細なパターンの転写には適さない。

## 【0068】

これに対し、図3(A)中の回折光D01、DM1、DP1のように、瞳面EP上でX方向に偏光方向を持つ光束の偏光方向は、光束の進行方向がY方向に屈折してもX方向に維持される。そして、図3(B)に示されているように、ウエハ25上には、偏光方向が全てX方向に揃った回折光D01、DM1、DP1が照射され、干渉縞が形成される。この干渉縞強度分布は、電場のX方向成分の和の自乗により求まり(Y、Z成分の和は0である)、図3(C)中の強度分布IM1の通りとなる。これは、図4(A)の場合と異なり符号の反転した成分がないため、そのコントラストが高いことを意味する。

## 【0069】

10

20

30

40

50

従って、図 8 (A) に示したように、X 方向のパターンを、ウエハ上に照射される照明光（各回折光）の偏光方向がすべて X 方向に平行になるように、偏光方向が X 方向である直線偏光で照明すると、その投影像のコントラストは高く、微細なパターンの転写に適する。

#### 【0070】

次に、パターン方向と露光視野長辺方向の関係について、図 5 を用いて説明する。図 5 には、投影光学系 24 の露光視野 31 が示されている。露光視野 31 の形状は、その長辺が X 方向に沿い、短辺が Y 方向に沿った長方形となっている。そして、その中心 C は、前述の通り投影光学系 24 の光軸 AX と一致する場合が多い。

#### 【0071】

このような露光視野 31 上の X 方向の端に近い点 39 上の結像特性である点像強度分布は、原理的な回折限界及び投影光学系 24 の残収差の影響で、投影光学系 24 の放射方向及び同心円方向（図 5 中の点 39 に対しては、それぞれ X 方向、Y 方向に一致）に、広がり（ボケ）を持ってしまう。図中の点像強度分布 60、61 は、それぞれ点 39 の位置での点像強度分布の X 方向断面（放射方向断面）及び Y 方向断面（同心円方向断面）を表わしている。このように点像分布の広がり（幅）は、残収差の影響で、放射方向の方が同心円方向より大きくなるのが一般的である。残収差には、各種収差があるが、このうちコマ収差と倍率色収差が、放射方向の点像分布の広がり（幅）を、同心円方向への広がりより大きくする主因である。

#### 【0072】

このうちコマ収差は、設計上も製造誤差の点でも完全に除去することは難しい。また、倍率色収差は、投影光学系 24 を構成するレンズの材料に、色収差除去に好適な材料（例えば、蛍石）を多用するなり、投影光学系 24 を、凹面鏡を組み込んだ反射屈折光学系にする等の対策を施すことで除去は可能であるが、そのいずれの手法でも投影光学系の製造コストが上昇してしまう問題がある。

#### 【0073】

投影光学系には、このような収差が残存するため、露光視野 31 の周辺では、露光視野 31 の長辺方向に平行なパターン 37 の方が、露光視野 31 の長辺方向に垂直なパターン 38 に比べて残収差の影響を受けにくく、より微細なパターンの転写が可能になる。

#### 【0074】

本実施の形態では、転写すべきパターンのうち、その線幅が微細でかつその線幅均一性が非常に重要になるパターンについて、その方向を X 方向（パターン 37 の方向）に設定しているので、その転写像は、上記放射方向の収差の影響を受けなくなる。従って、従来と同じ投影光学系を使用しても、より微細なパターンを解像することが可能になる。また、照明光学系 1 1 から照射される照明光も、上記のような X 方向（露光視野 31 の長辺方向に平行な方向）のパターンに最適な照明である X 方向の直線偏光であるため、従来に比べ、より一層微細なパターンを解像することができる。

#### 【0075】

あるいは、露光するパターンの微細度が従来と同程度で良いなら、使用する投影光学系 24 の放射方向の残収差の許容値を、従来の投影光学系に比べて緩めることができる。特に倍率収差許容値の緩和により、投影光学系のコストダウンを図ることができるので、安価な投影露光装置を提供することが可能になる。

#### 【0076】

また、投影光学系 24 の色収差補正はそのまま、光源 1 のスペクトル幅を緩和することもできる。狭帯化レーザーの場合、スペクトル幅の緩和はレーザー狭帯化素子の簡素化を意味し、レーザー出力の増大と狭帯化素子寿命の延長をもたらす。露光装置の処理能力の向上と、狭帯化素子のランニングコストについては露光装置のランニングコストの削減を可能とする。

#### 【0077】

ところで、上述した実施の形態においては、レチクル 18 に X 方向に平行な偏光方向を主

10

20

30

40

50

成分とする照明光  $I_4$  を照射するようにしたが、露光するパターンによっては、レチクル 18 上に照射される照明光の偏光状態を非偏光（自然光）又は円偏光ないし楕円偏光とすることが好ましい場合もある。そこで、本実施の形態において、偏光制御素子 5 を、着脱可能な構成とし、あるいは照明光の進行方向を回転軸として回転可能な構成とすることが望ましい。

#### 【0078】

例えば、光源 1 が概ね直線偏光の光束を発するレーザー光源であり、偏光制御素子 5 として  $1/2$  波長板を使用する場合には、図 6 に示すように、偏光制御素子 5 を 2 枚の  $1/4$  波長板 51、52 から構成し、照明光  $I_0$  の進行方向を回転軸としたそれぞれの回転によって、射出される光束  $I_1$  を直線偏光としたり円偏光としたりすることができる。

10

#### 【0079】

即ち、射出光  $I_1$  を直線偏光とする場合には、 $1/4$  波長板 51、52 の互いの長軸方向を揃えたと共に、その方向を入射光  $I_0$  の偏光方向と射出光  $I_1$  の所望の偏光方向の中間の方向に設定すれば良く、射出光  $I_1$  を円偏光とするには、光源側の  $1/4$  波長板 51 の長軸方向を入射光  $I_0$  の偏光方向と一致させ、他方の  $1/4$  波長板 52 の長軸方向を、上記偏光方向に対して  $45$  度回転した方向に設定すれば良い。

#### 【0080】

また、光源 1 が非偏光を射出するものである場合には、偏光制御素子 5 としての偏光フィルターや偏光ビームスプリッターを装脱すること、レチクル 18 上に照射される照明光  $I_4$  の偏光状態を変化させることができる。

20

#### 【0081】

なお、本実施の形態では、マスクと基板とが相対移動した状態でマスクのパターンを基板へ転写し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置について説明したが、長辺方向と短辺方向とを備える形状の露光視野を用いて、マスクと基板とが静止した状態でマスクのパターンを基板へ転写し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リビート方式で露光してもよい。この、ステップ・アンド・リビート方式が適用される露光装置は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に対し、マスクと基板とを互いに静止させた状態で露光を行う点で異なり、その他の構成は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置と同じ構成にすることができる。このステップ・アンド・リビート方式の露光装置において、本発明を適用する場合には、マスクのパターンを照明光の偏光方向を偏光制御素子 5 で調整すると共に、視野絞り 14 を照明光学系の光軸周りに回転させて、投影光学系の露光視野の長辺方向と照明光の偏光方向とを互いに平行することも可能である。また、光源から供給される照明光の偏光方向がはじめて所定方向と一致している場合には、偏光制御素子を設けずに、視野絞り 14 を回転させるだけでもよい。

30

#### 【0082】

なお、露光装置の光源を、 $F_2$  レーザー等の真空紫外光とする場合には、使用するレンズ等の透過光学部材の材料は真空紫外光に対する透過性の高い、蛍石等のフッ化物結晶か、フッ素添加の石英のような、いわゆるモディファイド石英を使用する。また、光路については、真空紫外光に対する透過率の高い希ガスや窒素ガスでガス置換して使用する必要がある。

40

#### 【0083】

ところで、 $F_2$  レーザーを光源とする露光装置では、透過率の関係上、照明光学系や投影光学系に採用されるレンズとして使用可能な材料は、実質的に蛍石に限定される。蛍石は立方晶系に属する結晶であり、従来は結晶固有の複屈折は発生しないと考えられていたが、2001 年の 5 月の International SEMTECH (Semiconductor Manufacturing Technology Institute) が主催した 157nm シンポジウム（米国カリフォルニア州ダナポイントで開催）において、真空紫外域では、蛍石も結晶固有の複屈折を有することが、NIST (National Institute of Standards and Technology) 50

9)：米国国立標準技術研究所)より発表された。

【0084】

従来のラングム偏光照明を使用する露光装置においては、照明光学系を構成するレンズ材料の複屈折は、最終的な結像性能には殆ど影響しない。従ってこれまで、照明光学系に配置される蛍石レンズの固有複屈折が問題にされることもなかった。

【0085】

しかしながら、本発明のように、マスクパターンを直線偏光で照明するようにした場合、照明光学系内の蛍石レンズの固有複屈折に伴う偏光方向の回転が、問題となる恐れがある。すなわち、蛍石レンズの固有複屈折が、 $1/2$ 波長板や $1/4$ 波長板のように作用してマスクパターン面を照明する照明光の偏光方向が、所望の方向からズレてしまう恐れがある。また、マスクパターン面内の場所に応じて、照明光の偏光状態が異なってくる恐れもある。従って、 $F_2$  レーザーを照明光源とし、照明光学系に蛍石のような結晶材料を採用した露光装置においては、以下のような対策を講じることが望ましい。

【0086】

すなわち、照明光学系の中に配置される蛍石レンズ(S枚)のうち、所定の何枚か(A枚とする)は、その光軸を結晶軸の $[111]$ 軸と一致させ、かつそのうちの所定枚( $\alpha$ 枚とする)のレンズと残りのレンズ( $A-\alpha$ 枚)とは、光軸を回転中心として、その結晶方向が互いに $60$ 度回転するように配置し、残るB枚( $=S-A$ 枚)のレンズは、その光軸を結晶軸の $[100]$ 軸と一致させ、かつそのうちの所定枚(b枚)のレンズと残りのレンズ( $B-b$ 枚)とは、光軸を回転中心として、その結晶方向が互いに $45$ 度回転するように配置するなどの対策を施すことが望ましい。

【0087】

図7は、一例として4枚の照明光学系内のレンズに対して上記対策を施した場合を示しており、照明光学系の光軸LAXに沿って並ぶ4枚のレンズL1、L2、L3、L4は、いずれも蛍石からなるレンズである。このうちレンズL1、L2は、その光軸(照明光学系の光軸LAXと一致)が蛍石結晶の $[100]$ 軸と一致するレンズであり、かつ両者のレンズ面内方向(光軸LAXと直交する面内)での蛍石結晶の結晶軸( $[010]$ 軸及び $[001]$ 軸)は、図示した通り $45$ 度回転した関係になっている。

【0088】

また、レンズL3、L4は、その光軸(照明光学系の光軸LAXと一致)が蛍石結晶の $[111]$ 軸と一致するレンズであり、かつ両者のレンズ面内方向(光軸LAXと直交する面内)での蛍石結晶の結晶軸( $[0-11]$ 軸、 $[-110]$ 軸、及び $[-101]$ 軸)は、図示した通り $60$ 度回転した関係になっている。

【0089】

照明光学系にこのような、対策を施すことで、マスクパターン面での照明光の偏光状態を、所望の直線偏光にすることができ、本発明の効果を十分に発揮することが可能となる。

【0090】

なお、蛍石が投影光学系内のレンズに採用された場合において、固有複屈折が投影光学系の結像性能に与える影響については、使用する各蛍石レンズの光軸をどの結晶軸と一致させるか、あるいは、各レンズを光軸を回転中心として何度回転させて配置するかを最適化することにより解決可能なことが、2002年3月のSPIE(International Society for Optical Engineering Micro lithography Symposium)における本願発明者等の論文等で報告されている。

【0091】

なお、上述した実施形態では、投影光学系の内部には、照明光(露光光)の偏光方向を変化させるような部材(波長板や偏光ビームスプリッター)を含まないことを前提として説明してきたが、ある種の反射屈折光学系では、その中に波長板や偏光ビームスプリッターなどの偏光状態変更部材を含むものも存在する。この場合にも、投影光学系の露光視野はスリット状となることが多い。ただし、レチクルに照明される照明光の偏光状態と、ウエ

10

20

30

40

50

八側に照射される照明光（露光光）の偏光状態は、上記偏光状態変更部材により変更され、両者での露光視野スリット長手方向と偏光方向との関係が、一致しなくなる場合もある。

#### 【0092】

本発明を、そのような投影光学系を有する露光装置に適用する場合には、レチクルに照射する照明光の偏光状態を、上記投影光学系を経て最終的にウエハ面に照射される照明光（露光光）の偏光状態が、ウエハ面での露光視野スリットの長手方向と平行になるように設定することが望ましい。逆に、レチクル側での照明光を、レチクル側の露光視野スリットの長手方向と平行になるように設定しても、投影光学系による偏光状態が上記偏光状態変更部材により変更されると、ウエハに入射する照明光（露光光）の偏光状態が、好ましくない状態になるため、本発明の効果を導くことはできない。

10

#### 【0093】

ところで、上述した実施形態においては、投影光学系とウエハの間の空間には、気体（空気又は紫外線に対する吸収の少ないガス）が存在するとしているが、本発明はこれに限定されるものではなく、投影光学系とウエハの間の空間に、液体が満たされたものであっても良い。これは、すなわち液浸光学系であり、ウエハに照射される照明光（露光光）の波長を上記液体の屈折率分の1だけ縮小することにより、露光装置の解像度の一層向上を実現するものである。

#### 【0094】

液浸光学系では、同一波長において同一ピッチのパターンを露光する際の照明光（露光光）の上記液体中の0次光と1次光のなす角の正弦値は、液浸でない光学系の場合に比べて、上記液体の屈折率分の1だけ縮小される。これは、逆に言えば、同様な構成の投影光学系においても、その開口数を上記液体の屈折率分だけ拡大することができることを意味し、これが上記解像度向上の主因である。

20

#### 【0095】

ただし、実際にパターンの潜像が形成されるフォトリジスト中においては、液浸光学系であっても液浸でない通常の光学系であっても、フォトリジストの屈折率が同じであるため、同一波長において同一ピッチのパターンを露光する際の照明光（露光光）の0次光と1次光のなす角の正弦値は、両者で同一となる。従って、通常の光学系に比べ、一層微細な（ピッチの細かい）パターンを露光すべき液浸光学系においては、レジストに照射される照明光（露光光）の偏光状態が好ましくないと、レジスト中の各次数の回折光（露光光）間の偏光方向のずれが大きいため、一層の像コントラストの低下が生じることになる。従って、液浸投影光学系に本発明を適用すると、従来の液浸でない投影光学系に本発明を適用した場合に比べて、一層の効果が得られることになる。

30

#### 【0096】

次に、現在の半導体集積回路の主流であるC-MOS-LSIでは、ウエハ表面が結晶の<100>面に一致するシリコン結晶の表面に電子デバイスを形成したものが一般的である。C-MOS-LSIでは、シリコンウエハの表面に、n-MOSのトランジスタとp-MOSのトランジスタの対を形成するが、上記のように表面が結晶の<100>面であるウエハを使用すると、p-MOSトランジスタのホール（正孔）の移動度が低いという問題がある。

40

#### 【0097】

一方、ウエハ表面を結晶の<111>面に一致させたシリコンウエハ（すなわち表面に垂直な結晶軸が[111]結晶軸であるウエハ）では、その<111>面内の[1-10]軸方位、及びこれと等価な<111>面内の方位への、電子及びホールの移動度が大きい。C-MOS-LSIの一層の高速動作が可能となる。ここで等価な方位とは、各指数の順序が入れ替わった方位およびそれから少なくとも1つの指数の符号を反転させた方位であり、その中で上記の通り<111>面内に存在する方位は、[-110]軸方位、[10-1]軸方位、[-101]軸方位、[01-1]軸方位、[0-11]軸方位となる。

50



## 【0098】

なお、 $[1-10]$  軸又はこれに等価な軸は、結晶の $\langle 111 \rangle$ 面内で、それぞれ $120$ 度の角度で交わる3方位である。従って、この方位に直交する $\langle 111 \rangle$ 面内の方向、すなわち $[11-2]$ 結晶軸やこれと等価な $\langle 111 \rangle$ 面内に存在する軸（例えば、 $[1-21]$ 結晶軸、 $[2-1-1]$ 結晶軸等）に平行に、ゲートパターンの長手方向を形成すると、そのゲートを含むMOSトランジスタ内の電子及びホールの移動方向を、移動度の大きな $[1-10]$ 軸方位や $[-110]$ 軸方位と一致させることができ、C-MOS-LSIの一層の高速動作が可能となる。

## 【0099】

ここで、実際には、正方形の外形のレチクルに対して、その辺と平行でない微細パターンの描画精度（パターン幅均一性）は、平行な微細パターンに対して劣るため、レチクル上のパターン方位は、レチクル外形の正方形の辺の向きに揃えることが好ましい。しかし、上記の結晶の $\langle 111 \rangle$ 面内で、それぞれ $120$ 度の角度で交わる3方位の $[1-10]$ 軸又はこれに等価な軸のうちの1つを、レチクル外形の1つに一致させると、他の2方位は、レチクルパターンの形成精度上、好ましくない方位になってしまう。従って、表面に垂直な結晶軸が $[111]$ 軸であるウエハを使用してより高速なC-MOS-LSIを実現する場合、実質的に使用可能なゲートパターンの長手方向は、1方向（ $[-112]$ 軸及びこれと等価な軸方向の中のいずれか1方向）に揃える必要が生じる。以下、この点について考察する。

## 【0100】

図8(A)は、表面に垂直な結晶軸が $[111]$ 軸であるシリコンウエハのウエハ表面内におけるシリコン結晶の方位を表わす図である。すなわち、ウエハ表面は、シリコン結晶の $\langle 111 \rangle$ 面に一致している。図示した通り、 $[111]$ 軸は、紙面に垂直（すなわちウエハ表面に垂直）な方向であり、ウエハ面内には、電子及びホールの移動度が大きな方位である $[110]$ 軸と等価な結晶軸（ $[0-11]$ 軸、 $[-110]$ 軸、及び $[-101]$ 軸）が $120$ 度の角度間隔で並んでいる。なお、同図ではウエハの回転方向を所定の方向に設定して、 $[-110]$ 軸と図面のY軸が一致するものとしている。

## 【0101】

MOSトランジスタの動作速度を速めるには、トランジスタ内の電子及びホールの移動方向を、上記 $[110]$ 軸又はこれと等価な軸方向に一致させることが望ましいので、ゲートパターンの長手方向としては、図8(A)にゲートパターンG1、G2、G3として示すように、 $[110]$ 軸又はこれと等価な軸方向に直交する方向に配向させることが望ましい。従って、ゲートパターンの長手方向は、図8(A)の場合には、 $\langle 111 \rangle$ 面内で $[-110]$ 軸方向と直交する $[11-2]$ 軸方向（これは図面のX軸と一致）が長手となるゲートG1、 $\langle 111 \rangle$ 面内で $[-101]$ 軸方向と直交する $[1-21]$ 軸方向が長手となるゲートG2、又は $\langle 111 \rangle$ 面内で $[0-11]$ 軸方向と直交する $[2-1-1]$ 軸方向が長手となるゲートG3の、互いに $120$ 度の回転関係を持った3方向に配置されることが好ましい。

## 【0102】

なお、図8(A)中の、破線で囲まれた長方形の領域EXFは、本実施形態の露光装置の投影光学系の露光視野領域であり、その長辺方向は図中のX方向と一致、すなわち上記のゲートG1の長手方向及びシリコン結晶の $[11-2]$ 軸方向と一致している。

## 【0103】

図8(B)は、本実施形態の露光装置で使用するレチクルの上面図である。そのパターンエリアPA内には、転写すべきパターンの原版が描画されているが、その描画精度（線幅精度及び描画位置精度）は、パターンを描画するEB（電子線）描画機等の精度により、そのパターンが、レチクル（正方形）自体の外形辺に平行な方向（図中ではX方向及びY方向）である場合に高く、それに対して傾いている方向の場合には低くなる。

## 【0104】

従って、ウエハ上に高精度のパターンを形成するためには、レチクル上のパターンの長手

10

20

30

40

50

方向を、パターン P1、P2 のようにレチクル外形辺に平行な X 方向及び Y 方向に設定することが好ましく、現状では一般的にそのような方向のパターンが使用されている。

#### 【0105】

図 8 (A) のように、表面が  $\langle 111 \rangle$  面であるウエハを使用する場合には、好ましいゲートパターンの方向が、 $120^\circ$  毎の 3 方向に限定されるので、上記レチクルパターンの描画精度の制約と、トランジスタ動作速度からの制約とを同時に満たすゲートパターンの長手方向は、図 8 (A) 中の X 方向に平行なゲートパターン G1 の方向のみに限定されることになる。

#### 【0106】

上述した本実施形態に係る投影露光装置を用いて半導体デバイス、その他の電子デバイスを製造するに際しては、本実施形態の投影露光装置が高解像度を提供するパターン方向性と、上記のトランジスタ動作速度及びレチクル描画精度の観点から定まるパターンの方向性を、揃えることにより、より一層の高速動作が可能な電子デバイスを製造することができる。

10

#### 【0107】

すなわち、その表面が結晶の  $\langle 111 \rangle$  面に一致するシリコンウエハ（すなわち表面の垂線は  $[111]$  軸に一致する）を使用し、該シリコンウエハをその  $[-110]$  軸が投影光学系露光視野の短辺方向に一致するように（すなわちその  $[11-2]$  軸が投影光学系露光視野の長辺方向に一致するように）投影露光装置のウエハステージ (26) 上に載置し、レチクル上の微細なゲートパターンの長手方向を、投影光学系露光視野の長辺方向に一致するように配置して、上述したようにウエハ上に至る結像光束の偏光方向が投影光学系露光視野の長辺方向にほぼ一致する偏光方向（電場方向）の略直線偏光で照明する。

20

#### 【0108】

これにより、シリコン結晶上で高速動作に適した方向のゲートを、より微細な線幅で、より高精度に露光転写することが可能となり、電子デバイスの性能を大幅に向上することが可能になる。

#### 【0109】

なお、上記の説明中の結晶軸の指数は、ウエハ表面に対して垂直上方の方位を  $[111]$  軸方向とし、これをもとに他の軸の指数を決定したが、この軸を、 $[11-1]$  軸や  $[1-11]$  軸等の、 $[111]$  軸と等価な軸（指数の順序を並び替えた軸及び一部の指数の符号を反転した軸）として、他の軸の方位を表記しても、本質は全く変わらない。従って、図 8 (A) に示したシリコンウエハ表面の  $[0-11]$  軸、 $[-110]$  軸、及び  $[-101]$  軸についても  $[110]$  軸と等価な軸であれば、他の軸であっても良い。また、投影光学系の露光視野長辺方向に合致させるべき軸も、 $\langle 111 \rangle$  面と等価な面内に存在する  $[110]$  軸と等価な軸に直交する軸であれば、すなわち  $[112]$  軸と等価な軸であれば、どの結晶軸でも構わないことは言うまでもない。

30

#### 【0110】

本実施形態の走直型露光装置は、その投影光学系の露光視野長辺方向と照明光の偏光方向が概ね一致しているため、露光視野長辺方向と平行な方向に長手方向を持つパターンについて、解像度やコントラストが優れている。従って、その表面に垂直な結晶軸が  $[111]$  軸であるシリコンウエハに、1 方向に揃ったゲートパターンを形成するのに特に好適であり、加えて、その表面に垂直な結晶軸が  $[111]$  軸であるシリコンウエハの結晶方位を、露光視野長辺方向と  $[11-2]$  軸及びこれと等価な  $\langle 111 \rangle$  面内の軸方位の中のいずれか一方が平行になるように設定することにより、上記の好ましい条件を満たす結果、高速動作が可能な電子デバイスを製造することができる。

40

#### 【0111】

なお、露光視野長辺方向とウエハの所定の結晶軸とを一致させることは、ウエハ周縁の所定の方向にノッチやオリエンテーションフラット若しくは識別マーク等を形成しておくことで、通常の露光装置が行なうアライメントと同様の手法で容易に行うことができる。

50

## 【0112】

また、上記のウエハの結晶軸は、表面に垂直な方向と $[111]$ 軸が完全に一致している必要は無く、角度で5度程度以内であれば、本発明の効果を十分に発揮することができる。

## 【0113】

ところで、表面に垂直な結晶軸が $[110]$ 軸であるウエハ（以後 $[110]$ ウエハともいう）を使用すると、従来C-MOS-LSIで使用されていた、表面に垂直な結晶軸が $[100]$ 軸であるウエハ（以後 $[100]$ ウエハともいう）や、上記の表面に垂直な結晶軸が $[111]$ 軸であるウエハ（以後 $[111]$ ウエハともいう）を使用した場合よりも、ウエハ上のトランジスタの動作速度を、一層向上させることが可能になる。

10

## 【0114】

ただし、この場合にも、トランジスタ内の電子又はホールの移動方向を、図9(A)に示した通り、表面に垂直な結晶軸が $[110]$ 軸であるウエハ（すなわち表面が結晶の $\langle 110 \rangle$ 面であるウエハ）の表面のうち、 $[-110]$ 軸と等価な軸方向に概ね一致させた場合についてのみ動作速度の向上が可能となる。

## 【0115】

従って、ウエハ上に形成すべきトランジスタゲートパターンの長手方向は、図9(A)に示したパターンG4の通り、図中のX方向に限定すべきである。なお、図9(A)に示したウエハ中の結晶軸方向は、 $[-110]$ 軸又はこれに等価な軸方向が、図中のY方向に一致し、 $[00-1]$ 軸又はこれに等価な軸方向が、図中のX方向に一致したものである。またX方向は、本実施形態の露光装置の投影光学系の視野EXFの長辺方向と一致し、本実施形態の露光装置の照明光の偏光（直線偏光）の主成分の偏光方向と一致した方向である。

20

## 【0116】

このように、本実施形態の露光装置に対して、 $[110]$ ウエハを上記回転方向（即ち照明光の偏光（直線偏光）の主成分の偏光方向とシリコン結晶の $[001]$ 軸又はこれと等価な軸が平行になるような回転方向）で配置することにより、電子及びホールの移動方向を、 $[110]$ ウエハ上で電子及びホールの移動度の大きな方向である $[-110]$ 又はこれと等価な方向とするトランジスタ（すなわち電子及びホールの移動方向と直交するゲートパターンの長手方向がシリコン結晶の $[001]$ 軸又はこれと等価な軸と平行であるトランジスタ）のゲートパターンを、より微細にかつ高精度で転写することが可能になる。

30

## 【0117】

これによって、従来より一層高速な電子デバイス（C-MOS-LSI）を製造することが可能になる。

## 【0118】

図9(B)は、この場合に使用するレチクル上面図である。そのパターンエリアPA内には、転写すべきパターンの原版が描画されている。ただし、図9(A)のように表面が $\langle 110 \rangle$ 面であるウエハを使用する場合には、好ましいゲートの方向が1方向に限定されるので、パターン原版の長手方向も、図9(A)中のX方向に平行なゲートパターンG4の方向のみに限定されることになる。

40

## 【0119】

なお、半導体ウエハ（シリコンウエハ）は、最近提案されている歪みシリコンであっても構わない。歪みシリコンとは、C-MOS-LSIが形成されるウエハ表面部分で、半導体の結晶構造が意図的な歪み（伸縮）を持ったものである。

## 【0120】

例えば、シリコンウエハの表面に、シリコン結晶よりも格子定数の大きなシリコン・ゲルマニウム結晶を薄膜として形成し、その上に再度シリコン結晶を薄膜として形成した場合、最上層の（表面の）シリコン層は、下層のシリコン・ゲルマニウム結晶の格子定数の影響を受けて引っ張られ、その結晶格子が伸縮され歪む。その結果、この最上層の（表面の

50

）シリコン層での電子及びホールの移動度が上昇し、すなわちトランジスタの動作速度を向上することができる。

【0121】

一般には、この歪みは、ウエハ面内で概ね等方的に生じるが、所定のプロセスにより、この歪みを所定の1方向に限定することも可能である。例えば、上記のシリコン・ゲルマニウム膜の成膜及びその上層へのシリコン膜の成膜を、シリコンウエハの〔110〕面の上で行なうと、その歪み方向も、ほぼ1方向に限定される。

【0122】

このように、表面の歪み方向が、所定の1方向に限定されたウエハでは、その表面内の電子又はホールの移動度も、上記所定の1方向又はこれと直交する方向で最大となるため、トランジスタの形成方向を、そのトランジスタ内での上記電子あるいはホールの移動度が最大となる方向に合わせることで、トランジスタの動作速度を大幅に向上することが可能となる。

10

【0123】

この場合、トランジスタのゲートパターンの長手方向は、上記電子あるいはホールの移動度が最大となる方向に対して、直交する方向に合致させることが望ましく、シリコンウエハ上の全てのトランジスタのゲートパターンの長手方向が、1方向に揃うことが望ましい。

【0124】

本実施形態の露光装置では、投影光学系の長方形の露光視野の長辺方向に平行な直線偏光を多く含む照明光でウエハを露光するので、上記の非等方的な歪みシリコンウエハの露光に際して、トランジスタのゲートパターンを、投影光学系の露光視野の長辺方向（第2の方向）に平行に設定することで、従来の露光装置及び露光方法に比べて、より線幅制御性が良好で、高精度で微細なゲートパターンの転写が可能になる。すなわち、上記非等方的な歪みシリコンウエハの、その表面での電子またはホールの少なくとも一方の移動度が最大となる方向と、本露光装置が供給する概ね直線偏光の照明光の偏光方向（電場の方向）とを、直交させて配置して露光を行うことで、製造する電子デバイス中のゲートパターンの線幅及び線幅の均一性を、従来よりも一層向上させることができ、歪みシリコンウエハの採用と相まって、従来の電子デバイスより一層高速な電子デバイスを製造することが可能となる。

20

30

【0125】

なお、以上の実施形態では、電子デバイスとしてC-MOS-LSIを想定して説明したが、そのようなC-MOS-LSIに限定されるものではなく、本発明は、n-MOSやp-MOSや他のデバイスの製造にも同様に適用されるべきものであることは言うまでもない。

【0126】

また、露光装置の用途としては半導体装置製造用の露光装置に限定されることはなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。さらに、マイクロマシン、DNAチップ、マスク等を製造するための露光装置にも適用することができる。

40

【0127】

本実施形態の露光装置は、複数のレンズ等から構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、さらに総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。尚、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

【0128】

半導体デバイスは、一般にデバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを制作するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、露光装置によりレチクルのパターンをレジスト塗布済みのウエハに露光転写して現像する

50

ステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0129】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができることは言うまでもない。

【0180】

【発明の効果】

以上本発明によれば、基板に入射する照明光（露光光）を、マスク及び基板の移動方向に直交する方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光で照明しつつ、該基板を露光するようにしたので、当該移動方向に直交する方向に沿う方向に延びるラインパターンについての投影像のコントラストを高くすることができ、微細なパターンを高精度転写することができる。

10

【0181】

また、露光転写するパターンの微細度が従来と同程度で良いなら、投影光学系の放射方向の残存収差の許容値を、従来の投影光学系に比べて緩めることができる。特に倍率収差許容値の緩和により、投影光学系のコストダウンを図ることができるので、本発明により、安価な投影露光装置を提供することが可能になる。

【0182】

さらに、投影光学系の色収差補正はそのまま、光源のスペクトル幅を緩和することでもできる。狭帯化レーザーの場合、スペクトル幅の緩和はレーザー狭帯化素子の簡素化を意味し、レーザー出力の増大と狭帯化素子寿命の延長をもたらす、露光装置の処理能力の向上と、狭帯化素子のランニングコストひいては露光装置のランニングコストの削減が可能になる。

20

【0183】

また、マスク及び基板の移動方向に直交する方向に平行な偏光方向の直線偏光を主成分とする照明光を用いて露光することに加えて、基板上に露光転写するゲートパターン等のパターンの方向を基板の結晶軸との関係で最適化したので、高速動作が可能なデバイスを製造することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

30

【図2】本発明の実施の形態のレチクルの平面図である。

【図3】本発明の実施の形態のパターン方向と偏光方向の関係を示す図であり、パターン方向と偏光方向が平行である場合を示している。

【図4】本発明の実施の形態のパターン方向と偏光方向の関係を示す図であり、パターン方向と偏光方向が直交する場合を示している。

【図5】本発明の実施の形態の露光視野を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態の偏光制御素子の構成の一例を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態の照明光学系に蛍石レンズを使用した場合の好適なレンズ配置を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態のウエハ結晶軸とパターンの形成方向の関係を示す図であり、（A）はウエハの平面図、（B）はレチクルの平面図である。

40

【図9】本発明の実施の形態のウエハ結晶軸とパターンの形成方向の関係を示す図であり、（A）はウエハの平面図、（B）はレチクルの平面図である。

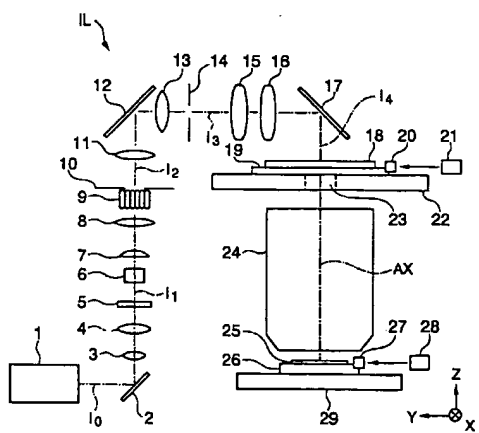
【符号の説明】

- 1 光源
- 5 偏光制御素子（調整装置）
- 14 視野絞り（整形装置）
- 18 レチクル（マスク）
- 19 レチクルステージ（ステージ装置）
- 24 投影光学系

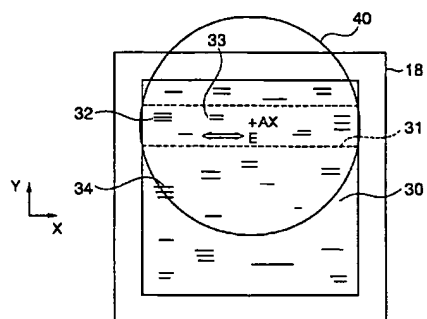
50

- 2 5 ウエハ（感応基板）  
2 6 ウエハステージ（ステージ装置）  
3 1 露光視野  
3 2～3 4 主要パターン  
I<sub>0</sub>～I<sub>4</sub> 照明光

1

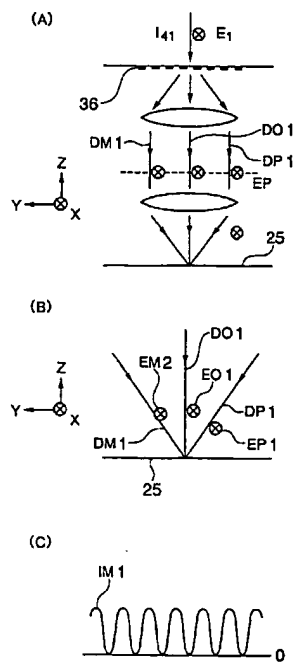


2



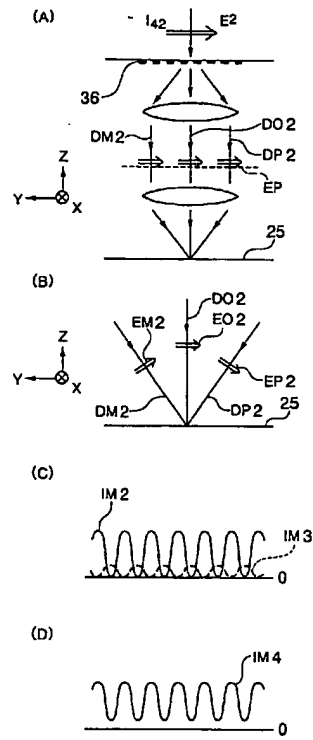
【図 3】

図 3



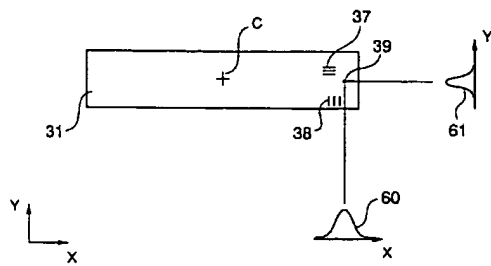
【図 4】

図 4



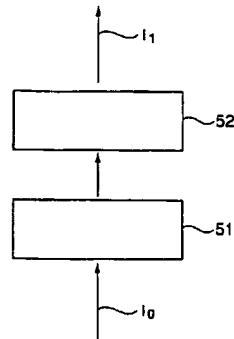
【図 5】

図 5



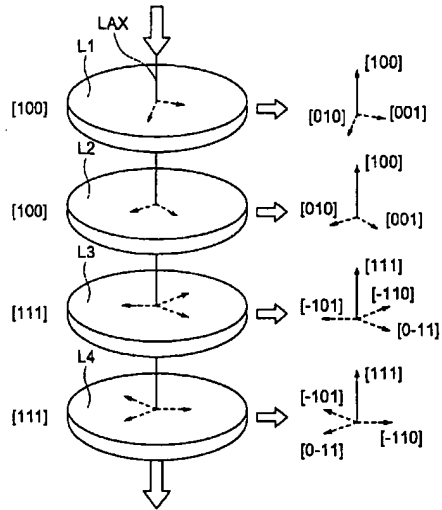
【図 6】

図 6



【 図 7 】

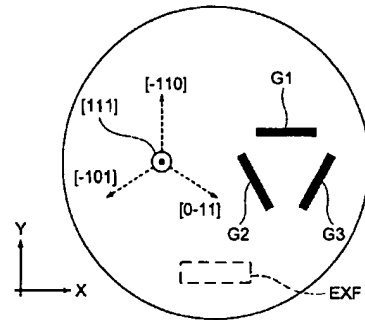
図 7



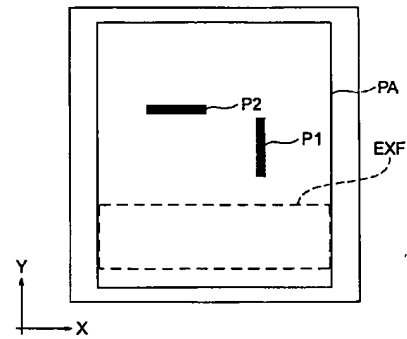
【 図 8 】

図 8

(A)



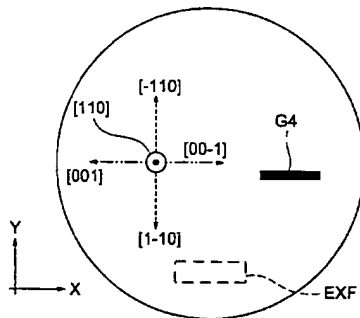
(B)



【 図 9 】

図 9

(A)



(B)

